Congresos y Cursos

EDIFICATE 2025

III NATIONAL AND II INTERNATIONAL CONGRESS OF ADVANCED SCHOOLS BUILDING ENGINEERING AND TECHNICAL ARCHITECTURE

Coordinators:

JAVIER GARABITO LÓPEZ
CARMELO MUÑOZ RUIPÉREZ
ALBA RODRIGO BRAVO
BELÉN ZURRO GARCÍA
LOURDES ALAMEDA CUENCA-ROMERO
RAQUEL ARROYO SANZ
AMPARO BERNAL LÓPEZ-SANVICENTE
ÁLVARO URBANEJA MIGUEL
ISABEL SANTAMARÍA VICARIO



UNIVERSIDAD DE BURGOS

COORDINATORS:

JAVIER GARABITO LÓPEZ

CARMELO MUÑOZ RUIPÉREZ

ALBA RODRIGO BRAVO

BELÉN ZURRO GARCÍA

LOURDES ALAMEDA CUENCA-ROMERO

RAQUEL ARROYO SANZ

AMPARO BERNAL LÓPEZ-SANVICENTE

ÁLVARO URBANEJA MIGUEL

ISABEL SANTAMARÍA VICARIO

III NATIONAL AND II INTERNATIONAL CONGRESS OF ADVANCED SCHOOLS BUILDING ENGINEERING AND TECHNICAL ARCHITECTURE

UNIVERSIDAD DE BURGOS

2026

(CONGRESOS Y CURSOS, 93)

EDIFICATE 2025

III CONGRESO NACIONAL Y II CONGRESO INTERNACIONAL DE ESCUELAS DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y ARQUITECTURA TÉCNICA

UNIVERSIDAD DE BURGOS. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
13-14 de noviembre de 2025

© LOS AUTORES
© UNIVERSIDAD DE BURGOS
Edita: Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional
UNIVERSIDAD DE BURGOS
Edificio de Administración y Servicios
C/ Don Juan de Austria, 1,
09001 BURGOS - ESPAÑA
ISBN: 979-13-87585-41-9
DOI: DOI: https://doi.org/10.36443/9791387585419

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

TABLA DE CONTENIDOS / TABLE OF CONTENTS

TABLA DE CONTENIDOS / TABLE OF CONTENTS **5**

ORGANIZING COMMITTE **13**

INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE **13**

PRESENTACIÓN **15**

PRESENTATION **17**

INNOVATIVE EXPERIENCES IN TEACHING UNDERGRADUATE AND POSTGRADUATE PROGRAMS IN TECHNICAL ARCHITECTURE AND BUILDING ENGINEERING **19**

GAMIFICACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE "LA HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN" PARA EL GRADO EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN
GAMIFICATION IN TEACHING "THE HISTORY OF CONSTRUCTION" FOR THE BUILDING ENGINEERING DEGREE
Beatriz Montalbán Pozas 21

METODOLOGÍA APRENDIZAJE-SERVICIO EN ARQUITECTURA TÉCNICA. EXPERIENCIAS EN VILANOVA I LA GELTRÚ (BARCELONA)
SERVICE-LEARNING METHODOLOGY IN ARCHITECTURAL TECHNOLOGY: EXPERIENCES IN VILANOVA I LA GELTRÚ (BARCELONA)
Montserrat Bosch González, Mireia Bosch Prat, Natalia Wolferstatter, Félix Ruiz Gorrindo, Judit Ramírez-Casas 29

PROYECTOS DE APRENDIZAJE Y SERVICIO DE ACÚSTICA EN LA ESCUELA DE EDIFICACIÓN
SERVICE-LEARNING PROJECTS IN ACOUSTICS AT THE SCHOOL OF BUILDING
David Caballol Bartolomé, Mónica Morales Segura 39

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS CON METODOLOGÍA MULTI-ENFOQUE PARA EDIFICACIÓN
MULTI-APPROACH METHODOLOGY ON PROJECT-BASED LEARNING FOR BUILDING CONSTRUCTION
Javier Manso-Morato, Nerea Hurtado-Alonso, Manuel Hernando-Revenga, Víctor Revilla-Cuesta, Ana B. Espinosa, Roberto Serrano-López, Marta Skaf, Vanesa Ortega-López, Juan M. Manso 47

APRENDIZAJE-SERVICIO EN LA ASIGNATURA DE MANTENIMIENTO: FOMENTANDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN CENTRO DE EDUCACIÓN PARA ADULTOS EN MADRID
SERVICE-LEARNING IN MAINTENANCE: ENCOURAGING ENERGY EFFICIENCY AT AN ADULT EDUCATION CENTRE IN MADRID
Alicia Zaragoza-Benzal, Alexandra Míguez Souto, Alberto Leal Matilla, Daniel Ferrández 57

CULTIVANDO EL FUTURO: APRENDIZAJE-SERVICIO PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y CIRCULAR
GROWING THE FUTURE: SERVICE-LEARNING FOR SUSTAINABLE AND CIRCULAR AGRICULTURE
Daniel Ferrández, Rafael Marcos-Sánchez, Ricardo Curto-Rodríguez, Alicia Zaragoza-Benzal 65

FORMATO UNIFICADO DE CONTROL PARA LA VERIFICACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS DESARROLLADAS EN LAS PRÁCTICAS DE LA ASIGNATURA DE PROYECTOS TÉCNICOS
UNIFIED FORMAT OF CONTROL FOR THE VERIFICATION OF THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS DEVELOPED IN THE PRACTICES OF THE SUBJECT OF TECHNICAL PROJECTS
Manuel J. Carretero-Ayuso, Antonio Jiménez-Delgado, Pedro Fernández-Valderrama 71

FABRICACIÓN DIGITAL EN LA PEDAGOGÍA ARQUITECTÓNICA: UNA PERSPECTIVA PRÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE
DIGITAL FABRICATION IN ARCHITECTURAL PEDAGOGY: A HANDS-ON APPROACH TO LEARNING
Caterina Morganti, Cristiana Bartolomei 81

MEJORA DEL APRENDIZAJE EN ANÁLISIS DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO A TRAVÉS DEL PROGRAMA "ALUMNO INTERNO"
IMPROVEMENT OF LEARNING IN ARCHITECTURAL HERITAGE ANALYSIS THROUGH THE "INTERNAL STUDENT" PROGRAM
Pedro Enrique Collado Espejo 89

DE LOS PROBLEMAS RESUELTOS AL APRENDIZAJE ACTIVO: UNA PROPUESTA INTERACTIVA PARA LA ENSEÑANZA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN
FROM WORKED EXAMPLES TO ACTIVE LEARNING: AN INTERACTIVE PROPOSAL FOR TEACHING IN BUILDING ENGINEERING
Josep Ramon Lliso-Ferrando, Adrián Llorca-Sanchís, José Manuel Gandía-Romero, Manuel Valcuende 97

MEJORANDO EL APRENDIZAJE DEL EMPRENDIMIENTO A TRAVÉS DE EXPOSICIONES DE PÓSTERES: ESTUDIO DE CASO EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN DE LA UPV
ENHANCING ENTREPRENEURSHIP LEARNING THROUG POSTER EXHIBITIONS: A CASE STUDY AT THE SCHOOL OF BUILDING ENGINEERING AT UPV
Elena Navarro-Astor, M. Luisa Nolé-Fajardo, Igor Fernández-Plazaola 107

REDES SOCIALES EN LAS ASIGNATURAS DE CONSTRUCCIÓN Y EXPRESIÓN GRÁFICA DEL GRADO EN EDIFICACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE RESULTADOS ACADÉMICOS Y MEMORIA VIRTUAL
SOCIAL MEDIA IN THE CONSTRUCTION AND GRAPHIC EXPRESSION COURSES OF THE BUILDING ENGINEERING DEGREE FOR THE PROMOTION OF ACADEMIC RESULTS AND VIRTUAL REPOSITORY
Pablo Alejandro Cruz Franco, Elena Gómez Bernal, María Pérez Sendín..... 117

“NOS MOVEMOS POR LA POBREZA ENERGÉTICA”: UN ENFOQUE DE APRENDIZAJE-SERVICIO PARA LA GESTIÓN ADECUADA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS
“WE MOVE FOR ENERGY POVERTY AND THE PROPER MANAGEMENT OF ENERGY RESOURCES”: A SERVICE-LEARNING APPROACH TO ENERGY RESOURCE MANAGEMENT
Patricia Aguilera Benito, Isabel Bach Buendía, Ana Martín Martín, Daniel Huguet Cruz 127

ENERGY TALKS: CONECTANDO HOGARES Y MEJORANDO VIDAS
ENERGY TALKS: CONNECTING HOMES AND IMPROVING LIVES
Patricia Aguilera Benito, Isabel Bach Buendía, Daniel Huguet Cruz, Ana Martín Martín..... 137

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA HÍBRIDA EN LA UPV: ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD DEL ALUMNADO EN ASIGNATURAS ONLINE Y PRESENCIALES
HYBRID TEACHING STRATEGIES AT UPV: AN ANALYSIS OF STUDENT ACTIVITY IN ONLINE AND ON-CAMPUS COURSES
Carolina Aparicio-Fernández, Emma Barelles-Vicente, María Eugenia Torner-Feltrer, Mar Cañada-Soriano 145

WELCOME DAYS. ACTIVIDADES DE APOYO A LOS ESTUDIANTES DE NUEVO INGRESO EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN
WELCOME DAYS. SUPPORT ACTIVITIES FOR NEW ENTRANCE STUDENTS IN BUILDING ENGINEERING
Mª Rosario Chaza Chimeno, Mª Dolores Rincón Millán, Mª Valle García Soria Rafael Esteve Pardal 151

ADAPTANDO LA UNIVERSIDAD PÚBLICA AL SECTOR PRODUCTIVO: INTRODUCCIÓN DE LEAN CONSTRUCTION EN LA FORMACIÓN DE FUTUROS GRADUADOS EN EDIFICACIÓN
ADAPTING PUBLIC UNIVERSITIES TO THE PRODUCTIVE SECTOR: INTRODUCING LEAN CONSTRUCTION IN THE EDUCATION OF FUTURE BUILDING GRADUATES
Carolina Piña Ramírez, Gemma Cachero Alonso, Víctor Sardá Martín, Juan Gascón Cachero 159

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, PROGRAMACIÓN Y METODOLOGÍA BIM: HACIA UN NUEVO PARADIGMA DE APRENDIZAJE E INVESTIGACIÓN EN ARQUITECTURA TÉCNICA
ARTIFICIAL INTELLIGENCE, PROGRAMMING, AND BIM METHODOLOGY: TOWARDS A NEW PARADIGM OF LEARNING AND RESEARCH IN BUILDING ENGINEERING
Fernando Cos-Gayón López, José Ramón Albiol Ibáñez, Begoña Fuentes Giner 165

APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM EN LA RESOLUCIÓN DE TRABAJOS FINALES DE GRADO RELACIONADOS CON LA MEJORA EN CENTROS DOCENTES DE MALLORCA
APPLICATION OF BIM TECHNOLOGY IN FINAL DEGREE PROJECTS RELATED TO THE IMPROVEMENT OF EDUCATIONAL CENTERS IN MALLORCA
Susana Hormigos-Jiménez, María Angels Llabrés Morey, Juan Muñoz Gomila, Cristian Carmona Gómez, Francesc Masdeu Mayans 175

INICIACIÓN AL USO DE BIM EN LA ASIGNATURA DE SOSTENIBILIDAD
INTRODUCTION TO THE USE OF BIM IN THE SUSTAINABILITY SUBJECT
María Angels Llabrés Morey, Susana Hormigos Jiménez 185

DEL IMPACTO VISUAL AL APRENDIZAJE PROFUNDO: TECNOLOGÍAS INMERSIVAS EN LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCIÓN
FROM VISUAL IMPACT TO MEANINGFUL LEARNING: IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION EDUCATION
Carla de-Juan-Ripoll, Pablo Palmero Sánchez, Luis Palmero Iglesias 195

DESPERTANDO VOCACIONES INVESTIGADORAS EN ARQUITECTURA TÉCNICA: LA EXPERIENCIA DEL GRUPO “TEMA”
INSPIRING RESEARCH IN BUILDING ENGINEERING STUDENTS: THE EXPERIENCE OF “TEMA” GROUP
Paola Villoria Sáez, Mercedes del Río Merino, M. Alejandro Pedreño Rojas, Jaime Santa Cruz Astorqui, César Porras Amores, Julián García Muñoz, Carolina Piña Ramírez, Alejandra Vidales Barriguete 205

APRENDIZAJE Y SERVICIO (APS) EN LA ASIGNATURA “EDIFICACIONES Y CIUDADES SOSTENIBLES” DEL GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA (EPSZ)
SERVICE-LEARNING (SL) IN THE COURSE “SUSTAINABLE BUILDINGS AND CITIES” OF THE BACHELOR’S DEGREE IN BUILDING ENGINEERING AT THE HIGHER POLYTECHNIC SCHOOL OF ZAMORA (EPSZ)
María Ascensión Rodríguez-Esteban, Héctor Prieto Corredera, María Almudena Frechilla-Alonso, Ana Belén Ramos-Gavilán 211

CAPTACIÓN DE TALENTO EN EL AULA. HACKATHON EN EL MÁSTER UNIVERSITARIO EN EDIFICACIÓN. ETSIE-UPV
TALENT IDENTIFICATION IN THE CLASSROOM: HACKATHON WITHIN THE MASTER’S DEGREE IN BUILDING CONSTRUCTIONS. ETSIE-UPV
M. Luisa Collado López 221

TOPOGRAFÍA, MEDIANTE HERRAMIENTAS DIGITALES FRENTE AL MÉTODO TRADICIONAL
TOPOGRAPHY, USING DIGITAL TOOLS VERSUS THE TRADITIONAL METHOD
Carlos Losada-Pérez, Antonio Pernas-Varela 231

METAVERSO ETSIE
METAVERSE ETSIE
José M. Gandía-Romero, Fernando Cos-Gayón López, Josep R. LLiso-Ferrando, Ana Martínez-Ibernón, Adrián Llorca Sanchis, Jalal Saadi, Milagro Iborra Lucas 241

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN GEOMETRÍA DESCRIPTIVA
INTEGRATING BIM METHODOLOGY IN DESCRIPTIVE GEOMETRY
Amparo Bernal López-Sanvicente, Ignacio Camarero Julián, Álvaro Alonso Díez 249

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN: UN PROYECTO DE MEJORA EDUCATIVA
COMPLEMENTARY ACTIVITIES TO IMPROVE THE LEARNING OF CONSTRUCTION MATERIALS: AN EDUCATIONAL INNOVATION PROJECT
Ángel M. Pitarch Roig, Lucia Reig Cerdà, Mª José Ruá Aguilar 257

METODOLOGÍA ABP PARA LA INTEGRACIÓN CURRICULAR EN TITULACIONES TÉCNICAS
PROJECT-BASED LEARNING FOR CURRICULAR INTEGRATION IN TECHNICAL DEGREES
Gloria María Cuenca Moyano, Joaquín M. Durán Álvarez, María Dolores Gámez Montalvo, M. Lourdes Gutiérrez-Carrillo, David Hidalgo García, María Martín Morales, María Dolores Martínez Aires, María Martínez-Rojas, Raquel Nieto Álvarez, José Manuel Soto Hidalgo, Elisabet Suárez Vargas 267

COMPARATIVA CURRICULAR DEL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN EN LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y ARQUITECTURA TÉCNICA EN ESPAÑA
COMPARATIVE CURRICULUM OF THE CONSTRUCTION AREA IN THE STUDIES OF BUILDING ENGINEERING AND TECHNICAL ARCHITECTURE IN SPAIN
Elisabet Suárez Vargas, M. Lourdes Gutiérrez-Carrillo 277

LA EVALUACIÓN CONTINUA BASADA EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN
CONTINUOUS EVALUATION BASED ON BUILDING PROJECTS
Eloísa González Ponce, Salvador Aledo Guerao, Verónica Nadal Jiménez, Nuria Rosa Roca 287

EXPERIENCIA EN ENSEÑANZA Y EVALUACIÓN ONLINE EN POSTGRADO DE ESPECIALIZACIÓN TÉCNICA
EXPERIENCE IN ONLINE TEACHING AND ASSESSMENT AT POSTGRADUATE TECHNICAL SPECIALISATION LEVEL
Nuria Rosa Roca, Verónica Nadal Jiménez, Salvador Aledo Guerao, Eloísa González Ponce 299

INVESTIGACIÓN SOBRE LA CONTRIBUCIÓN DE LAS VISITAS PROFESIONALES AL DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN
RESEARCH ON THE CONTRIBUTION OF PROFESSIONAL VISITS TO COMPETENCY DEVELOPMENT IN BUILDING ENGINEERING
Milagro Iborra-Lucas, Pablo Monzón Bello, Jose Manuel Gandía Romero 309

FOMENTO DE LA INTERDISCIPLINARIEDAD Y LA COLABORACIÓN PÚBLICO-PRIVADA A TRAVÉS DE LA DOCENCIA INVESTIGADORA
FOSTERING INTERDISCIPLINARITY AND PUBLIC-PRIVATE COLLABORATION THROUGH RESEARCH-LED TEACHING
Carlos Pérez-Carramiñana, José Antonio Huesca Tortosa, César Daniel Sirvent Pérez, María Isabel Pérez Millán 319

APRENDIZAJE ACTIVO Y COLABORACIÓN EDUCATIVA EN LA FORMACIÓN CIENTÍFICA TEMPRANA: RESULTADOS DE UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREUNIVERSITARIA
ACTIVE LEARNING AND EDUCATIONAL COLLABORATION IN EARLY SCIENCE EDUCATION: RESULTS FROM A PRE-UNIVERSITY RESEARCH PROJECT
Raquel Arroyo, Álvaro Urbaneja, Lourdes Alameda-Cuenca-Romero, Verónica Calderón, Sara Gutiérrez-González, Sara Serna-Avendaño, Alba Rodrigo-Bravo, Ángel Rodríguez-Sáiz, Isabel Santamaría-Vicario 331

REFLEXIONES SOBRE LA INCIDENCIA DEL DIBUJO ARQUITECTÓNICO EN LOS PLANES DE ESTUDIO DE ARQUITECTURA TÉCNICA: COMPARATIVA ENTRE UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS
REFLECTIONS ON THE IMPACT OF ARCHITECTURAL DRAWING IN BUILDING ENGINEERING PROGRAMS: A COMPARISON ACROSS SPANISH UNIVERSITIES
Teresa Gil-Piqueras, Andrea Ruggieri, Ana Pérez Vila, Jordi Mollà Casanova, Pablo Rodríguez-Navarro 339

EL PROFESOR ASOCIADO COMO AGENTE DE INNOVACIÓN DOCENTE EN TITULACIONES TÉCNICAS UNIVERSITARIAS
ASSOCIATE LECTURER AS AN AGENT OF TEACHING INNOVATION IN UNIVERSITY TECHNICAL DEGREE PROGRAMS
Roberto Vallejo-Diez, Miguel López-García, Javier Garabito-López, Carmelo Muñoz-Ruipérez, José Carlos Garabito-López 349

ORGANIZACIÓN Y HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN DE LOS NUEVOS SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA, ECOCONSTRUCCIÓN Y MODULAR 3D. INTERRELACIÓN CON LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL
ORGANIZATION AND PROGRAMMING TOOLS FOR NEW INDUSTRIALIZED, ECO-CONSTRUCTION, AND 3D MODULAR CONSTRUCTION SYSTEMS. INTERRELATIONSHIP WITH TRADITIONAL CONSTRUCTION
Miguel López-García, Javier Garabito López, Roberto Vallejo-Diez, Carmelo Muñoz Ruipérez, J osé Carlos Garabito-López 357

CHALLENGES IN UNIVERSITY MANAGEMENT IN THE 21ST CENTURY 367

OPTIMIZACIÓN CURRICULAR Y ESTRATEGIAS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN EL GRADO EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN (UCLM): EL PROYECTO ACTIEMD-GIE
CURRICULAR OPTIMIZATION AND EDUCATIONAL INNOVATION STRATEGIES IN THE BUILDING ENGINEERING DEGREE: THE ACTIEMD-GIE PROJECT
David Valverde Cantero, Jesús González-Arteaga, María Segarra, David Sanz 369

LA MOVILIDAD DEL PROFESORADO DE ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA LAGUNA: UNA CUENTA PENDIENTE
MOBILITY OF TECHNICAL ARCHITECTURE TEACHING STAFF FROM LA LAGUNA: A PENDING MATTER
Ruth Pino Suárez 377

ANÁLISIS DE LAS CARRERAS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. ESTUDIO ESPECÍFICO DEL GRADO EN EDIFICACIÓN Y ARQUITECTURA TÉCNICA. ÍNDICES UNIVERSITARIOS Y MERCADO LABORAL
ANALYSIS OF CAREERS IN THE CONSTRUCTION SECTOR. SPECIFIC STUDY OF THE DEGREE IN BUILDING AND TECHNICAL ARCHITECTURE. UNIVERSITY INDICES AND THE LABOUR MARKET
Joaquín Manuel Durán Álvarez, María Luisa de la Hoz Martínez, Antonio Aguilar Aguilera, Gloria Cuenca Moyano 387

ANÁLISIS DE LA IMPLANTACIÓN DEL NUEVO PLAN DE ESTUDIOS DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA
ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF THE NEW SYLLABUS OF TECHNICAL ARCHITECTURE
Juan Luis Pérez-Ordóñez, Sindy Seara-Paz, Marta Benítez-García, Carlos Losada-Pérez 399

ADAPTACIÓN CURRICULAR DE LAS COMPETENCIAS TRANSVERSALES EN EL GRADO EN ARQUITECURA TÉCNICA
CURRICULAR ADAPTATION OF TRANSVERSAL COMPETENCIES IN THE DEGREE IN TECHNICAL ARCHITECTURE
Paloma Arrué Burillo, Antonio Manuel Romero Sedó, Maria Luisa Collado López, Maria Isabel Giner García 409

LA INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN CON MENCIONES: UNA POSIBILIDAD DE DIVERSIFICACIÓN CURRICULAR
BUILDING ENGINEERING WITH SPECIALIZATIONS: AN OPPORTUNITY FOR CURRICULAR AND PROFESSIONAL DIVERSIFICATION
Juan Manuel Santiago Zaragoza, Fabián García Carrillo 419

RECURSOS INFORMATIVOS PARA LA INTERNACIONALIZACIÓN DE LA ETSIE DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA
INFORMATIVE RESOURCES FOR INTERNATIONALIZATION AT THE SCHOOL OF BUILDING ENGINEERING – UNIVERSITY OF GRANADA
Ana M. Martínez Vela, Fabián García Carrillo, Emilio Gómez Cobos 431

BUILDING RESEARCH 439

CONSTRUCCIÓN CON CORAL: CIUDAD DE VERACRUZ
CONSTRUCTION WITH CORAL: CITY OF VERACRUZ
José Antonio Rodríguez López, Alejandra Vidales Barriguete, Julián García Muñoz 441

PROYECTO INTERUNIVERSITARIO ENTRE LAS UNIVERSIDADES DE LA HABANA, MILÁN Y ALICANTE COMO ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE EN ESTUDIOS DE DOCTORADO
INTERUNIVERSITY PROYECT BETWEEN THE UNIVERSITIES OF HAVANA, MILAN, AND ALICANTE AS A LEARNING STRATEGY IN DOCTORAL STUDIES
Antonio Jiménez-Delgado, María Cristina Giambruno, Laura Pogliani, Manuel Jesús Carretero Ayuso 451

APORTACION DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES DESMONTABLES DE HORMIGÓN PREFABRICADO AL NIVEL DE SOSTENIBILIDAD DE LOS EDIFICIOS
CONTRIBUTION OF REMOVABLE PRECAST CONCRETE STRUCTURAL SYSTEMS TO THE SUSTAINABILITY LEVEL OF A BUILDING
Luis de Garrido Talavera 461

HERRAMIENTAS DIGITALES PARA MEJORAR LA PREVENCIÓN Y SEGURIDAD EN LAS OBRAS DE EDIFICACIÓN
DIGITAL TOOLS TO IMPROVE PREVENTION AND SAFETY IN BUILDING CONSTRUCTION SITES
María Segarra Cañamares, Mercedes del Río Merino, Rafael Alberto Heredia Morante, Miriam Zamora Calleja, Antonio Ros Serrano 473

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y FÍSICA DE COMPUESTOS DE YESO Y GEL DE SÍLICE PARA EDIFICIOS MÁS SALUDABLES
MECHANICAL AND PHYSICAL CHARACTERIZATION OF GYPSUM-SILICA GEL COMPOSITES HEALTHIER BUILDINGS
Blanca María Ferreiro Gil, Immaculada Pallás Juliach, César Porras Amores, Paola Villoria Sáez, Manuel Alejandro Pedreño Rojas, María Jesús Morales Conde 483

DEL PATRIMONIO AL DIAGNÓSTICO: PROPUESTA METODOLÓGICA HBIM-BEM PARA LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS TRADICIONALES EN EXTREMADURA
FROM HERITAGE TO DIAGNOSIS: HBIM-BEM METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY IN TRADITIONAL BUILDINGS IN EXTREMADURA
Mailen Stephany Álvarez Rojas, Jose Manuel Lorenzo Gallardo, Marta Lucas Bonilla, María Beatriz Montalbán Pozas 489

REFLEXIONES ACERCA DE LA DUCTILIDAD DE LAS ARMADURAS DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO
REFLECTIONS ON THE DUCTILITY OF REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES
Alfonso Cobo Escamilla, Isabel Priteo Barrio, Tomás Gómez Prieto, Fernando Israel Olmedo Zazo, Alejandro Martínez Gordon, Alberto Leal Matilla 501

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA VIABILIDAD DE APLICAR PINTURAS FOTOCATALÍTICAS EN TEXTILES ARQUITECTÓNICOS: IMPACTO EN LA SALUD Y EL AMBIENTE
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF APPLYING PHOTOCATALYTIC PAINTS ON ARCHITECTURAL TEXTILES: IMPACT ON HEALTH AND THE ENVIRONMENT
Edna Victoria Villanueva Perdomo 511

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE EVALUACIÓN SOSTENIBLE DE EDIFICIOS
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MAIN SUSTAINABLE BUILDING ASSESSMENT SYSTEMS
Luis de Garrido Talavera, Ignacio Paya-Laforteza 521

ESTIMACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS GENERADOS POR LA INDUSTRIA DE BALDOSAS CERÁMICAS EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN, ESPAÑA
ESTIMATION OF CERAMIC WASTE GENERATED BY THE CERAMIC TILE INDUSTRY IN THE PROVINCE OF CASTELLÓN, SPAIN
Mª Ángeles Roca-Fernández, Eduardo del Olmo García, Ángel M. Pitarch Roig, Lucia Reig Cerdá, Mª José Ruá Aguilar, David Hernández-Figueirido, Marta Roig-Flores, Vicente Albero Gabarda, Ana Piquer Vicent 533

METODOLOGÍA INTEGRADA HBIM-FEM PARA EL DESARROLLO DE GEMELOS DIGITALES DE OBRAS DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO
INTEGRATED HBIM-FEM METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF DIGITAL TWINS OF ARCHITECTURAL HERITAGE ASSETS
Jesús Tejero Romero, Enrique García-Macías, M. Lourdes Gutiérrez-Carrillo 543

SOLUCIONES INNOVADORAS DE GEOPOLÍMEROS PARA LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL
INNOVATIVE GEOPOLYMER SOLUTIONSFOR THE CONSERVATION OF CULTURAL HERITAGE
Alessia Verniero, Barbara Liguori, Domenico Caputo, Ilaria Capasso, Mercedes del Río Merino 553

DOCUMENTACIÓN DIGITAL DEL EDIFICIO DE PASAJEROS DE TURUÑANA MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA
DIGITAL DOCUMENTATION OF TURUÑANA STATION USING PHOTOGRAMMETRY
Juan Villarroya Gaudó 563

ESTUDIO DE LA VIBRACIÓN MANO – BRAZO CUANDO SE EMPLEAN TALADROS PERCUTORES SOBRE TRES MATERIALES DISTINTOS
STUDY OF HAND – ARM VIBRATION WHEN PERCUSSION DRILLS ARE USED ON THREE DIFFERENT MATERIALS
M. Nieves González García, Joana Cristina Cardoso Guedes, Antonio José Carpio de los Pinos, João Santos Baptista 573

EMPLEO DE BIOADHESIVO PARA LA ELABORACIÓN DE MADERA MICROLAMINADA: FABRICACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS
USE OF BIO-ADHESIVE IN THE MANUFACTURE OF LAMINATED VENEER LUMBER: PRODUCTION AND MECHANICAL PROPERTIES
Ana Cruz-Valdivieso, Francisco J. Rescalvo, Yaiza Fuentes-García, Carlos Cruz, Javier Lafuente, Lois Denaud, Antolino Gallego 581

MONITORIZACIÓN DEL MOVIMIENTO HORIZONTAL DE LA CÚSPIDE DE UNA AGUJA DE LA CATEDRAL DE BURGOS MEDIANTE UN SISTEMA LÁSER COMBINADO CON VISIÓN ARTIFICIAL
MONITORING THE HORIZONTAL MOVEMENT OF THE TIP OF A SPIRE OF BURGOS CATHEDRAL USING A LASER-BASED SYSTEM COMBINED WITH COMPUTER VISION
Álvaro Mena Alonso, Jesús Mínguez Algarra, Dorys C. González Cabrera, Miguel A. Vicente Cabrera 587

ENSAYOS SÍSMICOS SOBRE EDIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA
SEISMIC TESTS ON INDUSTRIALIZED CONSTRUCTION BUILDINGS
Jesús Mínguez Algarra, Miguel Angel Vicente Cabrera, Dorys González Cabrera, Álvaro Mena Alonso, Jorge Franco Rey 597

ORGANIZING COMMITTE

Javier Garabito López

Carmelo Muñoz Ruipérez

Alba Rodrigo Bravo

Belén Zurro García

Lourdes Alameda Cuenca-Romero

Raquel Arroyo Sanz

Amparo Bernal López-Sanvicente

Álvaro Urbaneja Miguel

Isabel Santamaría Vicario

INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE

Alba Rodrigo Bravo. *Universidad de Burgos*

Alfonso Cobo Escamilla. *Universidad Politécnica de Madrid*

Alfonso Ippolito. *Sapienza Università di Roma*

Amparo Bernal López-Sanvicente. *Universidad de Burgos*

Ana Sofia Guimarães. *Universidade do Porto*

Ángel M. Pitarch Roig. *Universitat Jaume I*

Ángel Rodríguez Saiz. *Universidad de Burgos*

Angelo Massafra. *Università di Bologna*

Belén Zurro García. *Universidad de Burgos*

Carlo Costantino. *Università di Bologna*

Carmelo Muñoz Ruipérez. *Universidad de Burgos*

Carolina Aparicio Fernández. *Universitat Politècnica de València*

Cristiana Bartolomei. *Università di Bologna*

Eloisa González Ponce. *Universidad Católica San Antonio de Murcia*

Eva Barreira. *Universidade do Porto*

Fernando Cos-Gayón López. *Universitat Politècnica de València*

Fernando da Casa Martín. *Universidad de Alcalá*

Francesca Porfiri. *Sapienza Università di Roma*

Francisco Fiol Oliván. *Universidad de Burgos*

Guillermo Fernández González. *Universidad de Burgos*

Jaime Llinares Millán. *Universitat Politècnica de València*

Javier Garabito López. *Universidad de Burgos*

José Manuel Gandía Romero. *Universitat Politècnica de València*

José Manuel González Martín. *Universidad de Burgos*

José Ramón Albiol Ibáñez. *Universitat Politècnica de València*

Jose Ramón López García. *Universidad de Burgos*

Juan Manuel Santiago Zaragoza. *Universidad de Granada*

Lourdes Alameda Cuenca-Romero. *Universidad de Burgos*

Luis Palmero Iglesias. *Universitat Politècnica de València*

Mª de las Nieves González García. *Universidad Politécnica de Madrid*

Mª Lourdes Gutiérrez Carrillo. *Universidad de Granada*

Mª Paz Sáez Pérez. *Universidad de Granada*

Mª Rosario Chaza Chimeno. *Universidad de Sevilla*

Manuel Jesús Carretero Ayuso. *Universidad de Extremadura*

Marta Skaf Revenga. *Universidad de Burgos*

Martín Orna Carmona. *Universidad de Zaragoza*

Montserrat Bosch González. *Universitat Politècnica de Catalunya*

Raquel Arroyo Sanz. *Universidad de Burgos*

Riccardo Gulli. *Università di Bologna*

Ruth Pino Suárez. *Universidad de La Laguna*

Santiago Ortiz Palacio. *Universidad de Burgos*

Sara González Moreno. *Universidad de Burgos*

Sara Gutiérrez González. *Universidad de Burgos*

Susana Hormigos Jiménez. *Universitat de les Illes Balears*

Susana Robles Sánchez. *Universidade da Coruña*

Vanesa Ortega López. *Universidad de Burgos*

Verónica Calderón Carpintero. *Universidad de Burgos*

PRESENTACIÓN

La Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos presenta este libro de ponencias, que reúne las contribuciones del **III Congreso Nacional y II Congreso Internacional de Escuelas de Ingeniería de Edificación y Arquitectura Técnica de España – EdificATe 2025.**

Tras las exitosas ediciones celebradas en **2021** en la **Universitat Politècnica de València** y en **2023** en la **Universidad de Granada**, la Universidad de Burgos asumió la organización de EdificATe 2025, que tuvo lugar los días 13 y 14 de noviembre de 2025. Con esta edición, **EdificATe** reafirmó su consolidación como un foro de referencia, tanto a nivel nacional como internacional, para el intercambio de conocimiento entre las Escuelas de Ingeniería de Edificación y Arquitectura Técnica.

EdificATe 2025 se concibió como un espacio de encuentro y reflexión para profesionales, académicos y estudiantes, orientado a analizar los desafíos presentes y futuros de las titulaciones de Arquitectura Técnica e Ingeniería de Edificación. Las sesiones abordaron cuestiones clave relacionadas con la docencia, la formación, la gestión y la investigación, poniendo de relieve, en un contexto de cambio continuo, la necesidad de formar profesionales resilientes, con una sólida capacidad crítica y reflexiva.

La relevancia de esta edición se refleja en la participación registrada, con un total de **62 contribuciones técnicas** procedentes de un amplio y diverso grupo de expertos, docentes e investigadores. Las comunicaciones recogidas en esta publicación evidencian el compromiso de la comunidad académica y profesional con la innovación, la mejora de las metodologías docentes activas y el desarrollo de competencias digitales, fortaleciendo la conexión entre la formación universitaria y la práctica profesional.

Confiamos en que esta publicación constituya una herramienta de consulta útil y una fuente de inspiración para continuar impulsando la excelencia en el campo de la Edificación y la Arquitectura Técnica.

PRESENTATION

The Higher Polytechnic School of the University of Burgos presents this proceedings book, which brings together the contributions of the **III National Congress and II International Congress of Building Engineering and Technical Architecture Schools of Spain – EdificATe 2025.**

Following the successful editions held in **2021** at the **Universitat Politècnica de València** and in **2023** at the **University of Granada**, the University of Burgos took on the organisation of EdificATe 2025, which took place on 13 and 14 November 2025. With this edition, **EdificATe** reaffirmed its consolidation as a leading forum, both nationally and internationally, for the exchange of knowledge between Schools of Building Engineering and Technical Architecture.

EdificATe 2025 was conceived as a space for professionals, academics and students to meet and reflect, with a view to analysing the present and future challenges facing Technical Architecture and Building Engineering degrees. The sessions addressed key issues related to teaching, training, management and research, highlighting, in a context of continuous change, the need to train resilient professionals with strong critical and reflective skills.

The relevance of this edition is reflected in the participation recorded, with a total of **62 technical contributions** from a broad and diverse group of experts, teachers and researchers. The papers included in this publication demonstrate the commitment of the academic and professional community to innovation, the improvement of active teaching methodologies and the development of digital skills, strengthening the connection between university education and professional practice.

We trust that this publication will serve as a useful reference tool and a source of inspiration to continue promoting excellence in the field of Building and Technical Architecture.

INNOVATIVE EXPERIENCES IN TEACHING UNDERGRADUATE AND POSTGRADUATE PROGRAMS IN TECHNICAL ARCHITECTURE AND BUILDING ENGINEERING

GAMIFICACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE "LA HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN" PARA EL GRADO EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

GAMIFICATION IN TEACHING "THE HISTORY OF CONSTRUCTION" FOR THE BUILDING ENGINEERING DEGREE

Beatriz Montalbán Pozas

Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura, Cáceres, España, bmpozas@unex.es

RESUMEN

Aprender conceptos de materiales, elementos, herramientas o técnicas constructivas de los distintos periodos históricos es una tarea ardua para los estudiantes del Grado en Ingeniería de Edificación. Esta competencia se incluye, en el módulo de Técnicas y Tecnología de la Edificación de la orden ECI/3855/2007, como "Conocimiento de la evolución histórica de las técnicas y elementos constructivos y los sistemas estructurales que han dado origen a las formas estilísticas". Algunas son técnicas que se utilizan en la construcción actual y son la base del aprendizaje en asignaturas de Construcción como "encofrado". Otros, como "arbotante" o "yesería", se emplean en las intervenciones de rehabilitación del patrimonio. El recorrido abarca desde las estructuras arquitrabadas egipcias hasta las cúpulas de fábrica semiesféricas o apuntadas del Panteón romano a las parábolas de revolución de Gaudí.

La gamificación se está incorporando en la educación superior, mejorando la motivación, el compromiso y la participación de los estudiantes. Esta proporciona retroalimentación inmediata, permitiendo ajustar el aprendizaje. En esta comunicación se describen las metodologías utilizadas en esta parte de la asignatura de Construcción I, juegos como pasapalabra, el ahorcado, pictionary, tabú, etc. se han reinterpretado o inventado para este fin. Los resultados muestran clases como experiencias activas y divertidas, en la cual los estudiantes utilizan conceptos técnicos históricos con soltura, logrando la participación activa del alumnado, la incorporación de estudiantes que no habían asistido antes a clase, así como evaluaciones positivas en los exámenes. Además, el nivel de la clase mejoró desde el primer día, aumentando la atención, la calidad de los trabajos y las habilidades de los estudiantes. Estas metodologías implican diseñar actividades gamificadas relevantes y significativas, asegurando que los elementos de juego no distraigan del objetivo principal, y monitorizando continuamente el impacto de la gamificación en el rendimiento académico para ajustar las estrategias según sea necesario.

Palabras clave: *gamificación, historia de la construcción, competencia, innovación educativa, Grado en Ingeniería de Edificación*

ABSTRACT

Learning the concepts of materials, elements, tools, or construction techniques from different historical periods is a challenging task for students of the Building Engineering Degree. This competency is included in the Techniques and Technology of Building module of the ECI/3855/2007 order as "Knowledge of the historical evolution of construction techniques and elements and the structural systems that have given rise to stylistic forms." Some of these techniques are used in current construction and form the basis of learning in Construction subjects such as "formwork." Others, like "flying buttress" or "plasterwork," are employed in heritage rehabilitation interventions. The historical journey spans from Egyptian trabeated structures to the hemispherical or pointed masonry domes of the Roman Pantheon to Gaudí's parabolic structures.

Gamification is being incorporated into higher education, improving students' motivation, engagement, and participation. It provides immediate feedback, allowing for learning adjustments. This communication

describes the methodologies used in this part of the Construction I course, where games like word association, hangman, Pictionary, Taboo, etc., have been reinterpreted or invented for this purpose. The results show classes as active and fun experiences, where students use historical technical concepts fluently, achieving active student participation, the inclusion of students who had not attended before, and positive exam evaluations. Additionally, the class level improved from the first day, increasing attention, the quality of coursework, and students' skills. These methodologies involve designing relevant and meaningful gamified activities, ensuring that game elements do not distract from the main objective, and continuously monitoring the impact of gamification on academic performance to adjust strategies as necessary.

Keywords: *gamification, history of construction, competency, educational innovation, Building Engineering Degree*

1. INTRODUCCIÓN

Aprender y dominar con soltura la terminología, los conceptos y las características de los materiales, elementos, herramientas y técnicas constructivas empleadas en los distintos periodos históricos representa un desafío significativo para los estudiantes del Grado en Edificación.

Esta competencia está recogida en la Orden ECI/3855/2007 que establece los requisitos para la obtención de títulos universitarios que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico. En dicha orden, dentro del módulo de formación específica denominado Técnicas y Tecnología de la Edificación, se detalla como objetivo el "conocimiento de la evolución histórica de las técnicas y elementos constructivos y los sistemas estructurales que han dado origen a las formas estilísticas". Esta formulación no solo subraya la importancia de comprender los aspectos técnicos de la construcción, sino también su vinculación con la evolución estructural de la construcción a lo largo del tiempo. Además, comprende un recorrido largo de siglos de historia que incluye desde las construcciones megalíticas, pasando por las estructuras arquitrabadas de los templos egipcios, a los magníficos espacios de fábrica abovedados de las cúpulas semiesféricas o apuntadas del Panteón y de Santa María del Fiori, a las parábolas de revolución de Gaudí.

En los planes de estudio de los títulos universitarios españoles, esta competencia se aborda en diversas asignaturas: Historia de la Construcción o Construcciones Históricas en el caso de aquellas diseñadas ad-hoc para tal competencia o, Construcción I o Fundamentos de Construcción en el caso de incluirlas en la serie de asignaturas del título que recogen los contenidos de Construcción (tabla 1). En la mayoría de los casos (un 60%) se introduce en el primer año, o en el segundo (un 20%) del título, bien en el primero o segundo semestre (tabla 1), lo que implica que los estudiantes deben enfrentarse a este reto en una etapa inicial de su formación, cuando aún están desarrollando las habilidades básicas de conocimientos de construcción.

Esta dificultad se debe también, en gran parte, a la amplitud y complejidad del conocimiento requerido, que abarca desde sistemas constructivos más tradicionales hasta las tecnologías contemporáneas, cada uno con su propio contexto cultural, técnico y estilístico. Este contenido resulta, además, muy novedoso, para estudiantes que no han tenido contacto previo con la edificación, aunque sí en ocasiones con la historia o fundamentos del arte en alguna asignatura en sus estudios de Enseñanzas de Segundaria o Bachillerato.

Es muy relevante que estos contenidos sean bien adquiridos por los estudiantes, ya que muchos de ellos los seguimos utilizando de forma cotidiana en la construcción actual, y serán posteriormente la base del aprendizaje en las distintas asignaturas de construcción, como "encofrado", aunque la primera vez que se utilizara tuviera que ver con la tapia apisonada. Otros son términos que se siguen empleando en las intervenciones de rehabilitación del patrimonio, como puede ser "arbotante" o "yesería".

Esta temprana y compleja incorporación de contenidos puede dificultar la asimilación profunda de los contenidos, especialmente si no se acompaña de metodologías activas que faciliten la comprensión y la conexión entre teoría y práctica, como la gamificación que ha impactado en el aprendizaje universitario.

Tabla 1. Universidades, asignaturas y periodicidad de la competencia de Evolución histórica según orden ECI. Fuente: webs de las distintas Escuelas de España en las que se imparte el título de Grado en Edificación o similar

Universidad	Asignatura	Curso, cuatrimestre
Universidad Católica S Antonio de Murcia (UCAM)	Historia de la construcción	1º, 2º
Universidad de Alcalá (UAH)	Fundamentos de Construcción	1º, 2º
Universidad de Alicante (UA)	Historia de la Construcción	1º , 1º
Universidad de Burgos (UBU)	Construcción II	1º, 2º
Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM)	Construcción I	1º , 1º
Universidad de Extremadura (UEX)	Construcción I	1º, 2º
Universidad de Girona (UdG)	Historia de la construcción	2º, 2º
Universidad de Granada (UGR)	Construcción I: Hª, Tip.y Fund. de la Edificación	1º, 1º
Universidad de la Coruña (UDC)	Hª Construcción y Patrimonio Arq. Gallego	4º, 8º
Universidad de La Laguna (ULL)	Construcción I	2º, 1º
Universidad de las Islas Baleares (UIB)	Construcción I. Historia de la Construcción	1º, 1º
Universidad de Lleida (UdL)	Historia de la construcción	1º, 2º
Universidad de Salamanca (USAL)	Historia de la construcción	3º, 5º
Universidad de Sevilla (US)	Hª de la Const. e Introducción a la Construcción	1º, 2º
Universidad de Zaragoza (UNIZAR)	Historia de la construcción	1º, 2º
Universidad del País Vasco (EHU/UPV)	Historia de la Construcción	2º, 1º
Universidad Jaume I (UJI)	Construcción I: Fundamentos	1º, 2º
Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT)	Historia de la construcción	2º, 1º
Universidad Politécnica de Catalunya (UPC)	Arq., Construcción y Ciudad en la Hª de Occi.	1º, 2º
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)	Historia de la construcción	3º, 6º
Universidad Politécnica de Valencia (UPV)	Construcciones históricas	3º, 6º

A través de una revisión documental de investigaciones publicadas entre 2015 y 2023 (Valenzuela, 2024) se recopilaron y examinaron 20 estudios relevantes de España y países latinoamericanos para identificar las aplicaciones, beneficios y limitaciones del uso de juegos en entornos educativos superiores. En el caso del área de conocimiento de Ingeniería y Arquitectura hay una gran producción de trabajos científicos, que se complementan, en muchos casos con desarrollos de softwares y que indican el papel que pueden tener las tecnologías en las metodologías de la gamificación. Los objetivos comunes fueron mejorar la motivación, fomentar la participación activa, facilitar el aprendizaje colaborativo y aumentar el rendimiento académico, sin embargo, puede perder efectividad si no se adapta al contexto o si se percibe como una distracción.

Hay que tener en cuenta que gamificar no es simplemente jugar, sino diseñar experiencias educativas con elementos de juego (narrativas, retos, misiones, feedback) para motivar y comprometer al estudiante (Villamar, 2024). Diversos estudios han demostrado que la incorporación de dinámicas lúdicas en la educación superior no solo incrementa el interés del estudiantado, sino que también favorece el desarrollo de habilidades cognitivas y procedimentales. Por ejemplo, Poveda Pineda et al. (2023) destacan que la gamificación, fundamentada en la teoría de los juegos, crea ambientes de aprendizaje más dinámicos y efectivos, promoviendo la adquisición de competencias disciplinares y axiológicas. Asimismo, Ramos Cevallos et al. (2024) señalan que estas estrategias han cobrado especial relevancia tras la pandemia, mostrando un impacto positivo en la motivación, la participación y el trabajo en equipo, aunque con resultados más variados en cuanto al rendimiento académico.

Además, una revisión de literatura reciente (Valenzuela Osuna et al, 2024) confirma que la gamificación en la educación superior ha evolucionado hacia modelos más estructurados, donde el diseño de las actividades debe ser cuidadosamente planificado para evitar que los elementos lúdicos distraigan del objetivo pedagógico. Estas metodologías requieren una monitorización continua del impacto en el rendimiento académico, permitiendo ajustar las estrategias según sea necesario.

Algunos de los beneficios de la gamificación en la educación superior son (Ramos Cevallos et al. ,2024):

- Aumento de la motivación: La gamificación puede hacer que el aprendizaje sea más atractivo y divertido, lo que aumenta la motivación de los estudiantes para participar activamente en las actividades académicas
- Mejora del compromiso: Al incorporar elementos de juego, los estudiantes tienden a estar más comprometidos y enfocados en sus tareas, lo que puede llevar a una mayor retención de información
- Fomento de la colaboración: Muchos enfoques de gamificación promueven el trabajo en equipo y la colaboración, habilidades esenciales en el entorno universitario y profesional
- Desarrollo de habilidades: La gamificación puede ayudar a desarrollar habilidades específicas, como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la toma de decisiones
- Feedback inmediato: Los sistemas gamificados suelen proporcionar retroalimentación inmediata, lo que permite a los estudiantes conocer sus errores y aciertos en tiempo real y ajustar su aprendizaje en consecuencia.

En la educación superior se puede utilizar como herramienta motivacional (aumentando la participación), estrategia de aprendizaje (transformando el aula en un entorno activo y colaborativo) o instrumento de evaluación formativa (proporcionando retroalimentación inmediata y reduciendo la ansiedad de las evaluaciones tradicionales) (Villamar, 2024).

2. OBJETIVOS

El objetivo de esta comunicación es exponer las metodologías empleadas en el bloque de Historia de Construcción dentro de la asignatura de Construcción I en el Grado en Edificación de la Escuela Politécnica de Cáceres, a través de juegos que se han reinterpretado o inventado para este fin. Las primeras propuestas de juegos las realiza la profesora y a partir de ellas y siguiendo la misma metodología, los estudiantes proponen nuevos juegos al resto de la clase.

Con estos juegos se trata no solo de cubrir los contenidos y competencias básicas, generales y específicas de la asignatura, sino también las transversales, de las cuales se resaltan las siguientes:

- Instrumentales: Capacidad de análisis y síntesis, Capacidad de resolución de problemas, Capacidad de organización y planificación, Capacidad para la toma de decisiones.
- Personales: Capacidad de trabajo en equipo, Habilidades en las relaciones interpersonales, Capacidad de razonamiento critico
- Sistemáticas: Creatividad, Aprendizaje autónomo, Adaptación a nuevas situaciones, Iniciativa y espíritu emprendedor

3. METODOLOGÍA

Para que sea posible cumplir objetivos de aprendizaje, el juego debe adquirir unas características particulares en términos de aspectos a considerar en su diseño y, dado que es intencional, debe contar con un proceso sistemático de desarrollo que Marne et al (2012) definen en seis aspectos, de los cuales se agrupan y seleccionan para este trabajo del siguiente modo: objetivo pedagógico, contexto y reglas del juego, cumplimiento del objetivo e interacción hacia el aprendizaje, y elementos que enriquecen el juego (Figura 1).

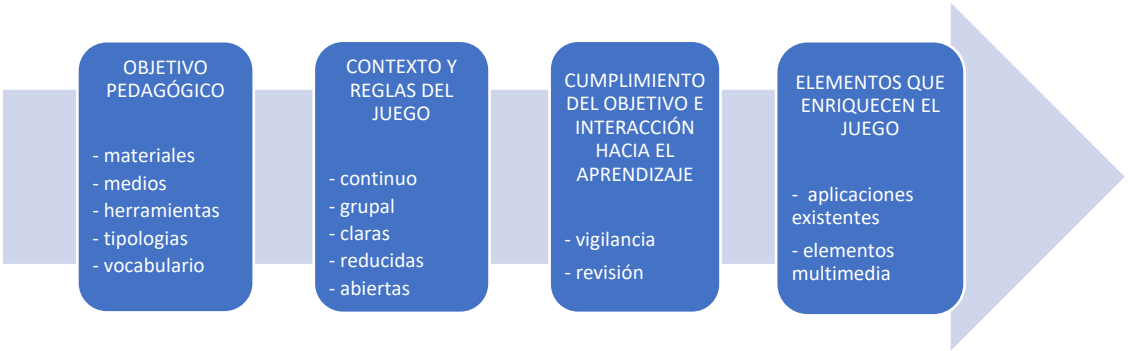


Figura 1. Flujo metodológico en la puesta en marcha de gamificación en el aula

Se describen, a continuación, uno por uno:

- Objetivos pedagógicos: se trata de tener un dominio de la terminología de materiales, tipologías constructivas, medios y equipos, y sistemas constructivos de los distintos periodos históricos; de adquirir un vocabulario adecuado de cada período constructivo; de ser capaces de inferir a través de técnicas y materiales de cualquier edificio su forma de construir; de enfrentarse al dibujo como medio para explicar y entender una forma de construir. No se plantea como objetivo memorizar los nombres de las construcciones o las fechas exactas de edificación.
- Contexto y reglas del juego: En primer lugar, deben quedar definidas las condiciones de uso: delimitar quién, cuándo, dónde y cómo se utilizará el juego, es decir el contexto en el cual el juego cumple su objetivo. Así, un juego podrá ser virtual, asincrónico, grupal, individual, entre otros, pero siempre cumpliendo con su objetivo de aprendizaje. En este caso se plantean juegos en grupo, tanto para agilizar los tiempos, fomentar la participación de todos, y ayudar a que se encuentren más arropados en su participación. Además, los juegos se realizan de forma continua a medida que se avanza el temario. Cada norma del juego tiene unos parámetros que deben quedar establecidos previamente de forma clara para no generar malentendidos o situaciones interpretativas. En segundo lugar, las reglas son sencillas para que no consuman mucho del tiempo de clase y se comunican de forma oral directamente de forma previa a su ejecución. Algunas reglas que no afectan directamente al juego se pueden acordar con los estudiantes, que se sienten más motivados al ser partícipes del mismo, como el tiempo de duración, el número de respuestas válidas, las penalizaciones o eliminaciones, etc.
- Cumplimiento del objetivo e interacción hacia el aprendizaje: en este aspecto se define la ruta metodológica. Los juegos deben ser reconducidos para evitar que se separen de los objetivos pedagógicos propuestos inicialmente, y se debe ir otorgando al estudiante retroalimentación. Se permite modificar sobre la marcha alguna norma para mejorar los objetivos. En este aspecto, hay que mencionar que se necesita formación docente para diseñar e implementar estrategias gamificadas efectivas y que uno de los problemas de estas metodologías es el riesgo de distracción si los elementos lúdicos no están alineados con los objetivos pedagógicos (Céspedes, 2025). También se debe mencionar que los estudiantes van perdiendo la vergüenza a medida que avanza el curso y van experimentando y recibiendo la retroalimentación. Es importante que ellos comprueben que no se lo pasan mal o sienten vergüenza pública con sus errores y las correcciones que se realizan.
- Elementos que enriquecen el juego: puede resultar interesante utilizar objetos multimedia o aplicaciones de juego ya existentes y conocidas. En este caso se reconoce que puede existir un desafío tecnológico. En este caso no se propone el uso de elementos de decoración o ambientación al juego porque puede separarse de los objetivos académicos

Otros aspectos vinculados a la gamificación en aulas universitarias que debe ser mencionado es la existencia o no de recompensas. En este caso, no se ha establecido ninguna en relación con las calificaciones de curso, para evitar que sea competitivo y en su lugar, sea más lúdico. En este aspecto, se debe destacar que la experiencia demuestra que hay más facilidad y espontaneidad de los estudiantes desde este planteamiento.

4. RESULTADOS

A continuación, se desarrollan cada uno de los juegos a modo de ejemplos de herramientas y estrategias de gamificación utilizados en la asignatura, especificando sus beneficios y limitaciones:

4.1 Plataformas de juego existentes: Quizizz y Kahoot!

Quizizz y Kahoot! son plataformas que permiten crear cuestionarios interactivos y competitivos. Suele ser un recurso fácil que utilizan los estudiantes y conocen perfectamente y han usado previamente.

- Beneficios: permite evaluar rápidamente, es rápido de generar,
- Limitaciones: las versiones gratuitas impiden la generación de distintos tipos de preguntas (solamente en kahoot preguntas con 2 a 4 opciones de respuesta y verdadero/falso). Otra limitación es que, a veces, se plantean que es más importante ser rápido que contestar bien a las preguntas, y que las cuestiones tienen que estar muy bien planteadas para que no generen dudas de interpretación en sí mismas.

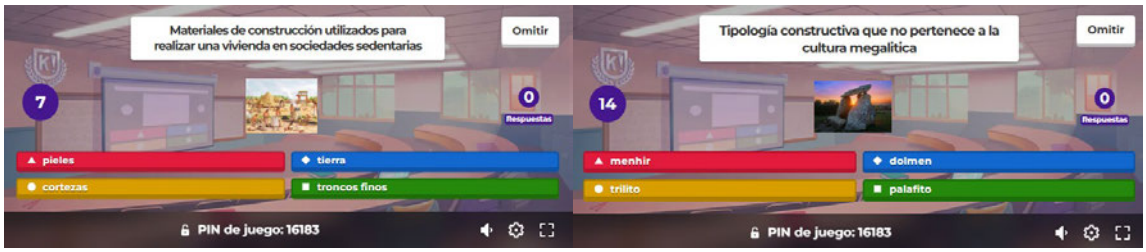


Figura 2. Ejemplos de pantallas de juego utilizadas de Kahoo en el periodo histórico de la Prehistoria

4.2 Juego "quien soy"

Se elige un grupo que es el que tiene que averiguar "quien son" y se coloca de espalda a la pizarra o la pantalla. Se escribe o proyecta una palabra que representa un material constructivo, elemento y sistema constructivo. Tienen que averiguar preguntando a sus compañeros y estos responden sí o no solamente. Se incide que utilicen términos técnicos vistos en clase, también se aprovechar para explica y diferenciar entre los términos que van surgiendo.

- Beneficios: se repasan de forma muy rápida muchos términos constructivos
- Limitaciones: si el grupo no ha prestado atención previa al temario, el juego no tiene éxito y no son capaces, ni de realizar las preguntas, ni de averiguar las respuestas

4.3 Juego "resuelvo"

Se reparte uno o varios términos constructivos a cada grupo de forma oculta para los demás. Cada uno debe escribir una definición a través de pistas concatenadas. Se les incita a empezar encuadrando en primer lugar, de forma más genérica si el término se refiere a un material, elemento, sistema constructivo, medio, equipamiento o herramienta, para seguir con partes que concretan más el término en la definición. Cada grupo va leyendo las pistas en voz alta una a una, y detrás de cada una hay un momento para "resolver" por parte de los otros grupos. Cuando un grupo, quiera resolver al leer una de las pistas levanta la mano, si no acierta ya no puede volver a resolver en esa ronda. Se les puede dar puntos a los grupos según van averiguando términos.

- Beneficios: es una actividad que ayuda a aprender a enfrentarse con la actividad de "definir" un término determinado, siendo muy concretos y cuidadosos con las palabras utilizadas.
- Limitaciones: en ocasiones los estudiantes que resuelven se comportan de forma individual y no cuentan con el grupo

4.4 Juego "a definir"

Es una variación del anterior. Se reparten uno o varios términos constructivos a cada grupo, con el objetivo de escribir por grupos la definición más correcta del mismo. Se realiza por escrito con tarjetas en papel, de modo, que se permite "cambiar cromos", esto es, si a algún grupo no le gusta o no sabe su palabra puede plantear cambiarla por otra. Además, es obligatorio cambiar si alguien te lo pide y se permite cambiar las veces que se quiera hasta un tiempo determinado, previamente acordado. A partir de ahí, se da un tiempo acotado para escribir las definiciones en un papel, y posteriormente se leen en voz alta. Es la profesora la que las valida y comenta para todos.

- Beneficios: mejora el uso correcto del lenguaje y encamina a los alumnos a ser rigurosos cuando tienen que expresarse
- Limitaciones: es la profesora la única persona que aporta el feedback

4.5 Juego "sin parar de hablar"

Se le asigna a cada grupo un dibujo de una construcción, en el que se aprecian claramente sus elementos constructivos singulares o en el cual se puede inferir el proceso o medios de construcción. Se les da un tiempo para preparar un discurso que tendrán que contar a todos de forma continuada durante un tiempo previamente establecido, durante el cual no pueden parar de hablar, los silencios se pueden limitar con un

tiempo máximo de determinados segundos. Se añade la complejidad de que tienen que ir pasando la palabra entre ellos cuando la profesora diga "cambio". Para que sea más divertido, se les puede parar en mitad de una frase que el compañero tiene que recomponer, y se les puede pedir al resto de los grupos que hagan de jueces del tiempo.

- Beneficios: se avanza respecto a los juegos anteriores pasando a hablar sobre procesos constructivos y no solo términos
- Limitaciones: es necesario establecer como penaliza cometer errores en el discurso

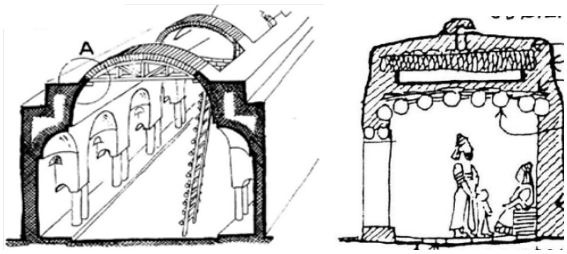


Figura 3. Imágenes ejemplo utilizadas para el juego habla sin parar. Fuente: Ortega y Andrade 1990 y 1992

4.6 Juego "El ahorcado"

El juego del ahorcado es un juego de adivinanzas de palabras muy popular. Los mismos estudiantes pueden pensar las palabras y escriben en la pizarra una línea por cada letra de la palabra. Los otros intentan adivinar las letras que componen la palabra, una a una. Si la letra adivinada está en la palabra, se escribe en las líneas correspondientes. Si no está, se dibuja una parte del cuerpo del ahorcado (cabeza, cuerpo, brazos, piernas, etc.). El juego termina cuando los jugadores adivinan la palabra completa o cuando se completa el dibujo del ahorcado.

- Beneficios: es un juego popular y muy sencillo en el que los estudiantes pueden plantear y liderar todo el desarrollo del mismo
- Limitaciones: no se trabaja más allá de la averiguación de letras y no se relaciona con los conocimientos de construcción

4.7 Juego "Pictionary"

Es un juego en el que los estudiantes deben adivinar términos constructivos a través de sus propios dibujos. Los grupos se turnan para dibujar y adivinar. El jugador tiene un tiempo limitado para dibujar la palabra o frase mientras su equipo intenta adivinarla.

- Beneficios: los estudiantes se sueltan con la expresión gráfica
- Limitaciones: los estudiantes no suelen tener muchas habilidades gráficas

5. CONCLUSIONES

Los resultados muestran clases como experiencias activas y divertidas, en la cual los estudiantes utilizan conceptos técnicos históricos con soltura, logrando la participación activa del alumnado, se logra la incorporación de estudiantes que no habían asistido antes a clase, así como evaluaciones positivas en la adquisición de los contenidos. Además, se observó que el nivel de la clase mejoró desde el primer día, aumentando la atención, la calidad de los trabajos y las habilidades de los estudiantes.

Estas metodologías implican diseñar actividades gamificadas relevantes y significativas, asegurando que los elementos de juego no distraigan del objetivo principal, y monitorizando continuamente el impacto de la gamificación en el rendimiento académico para ajustar las estrategias según sea necesario. Además, es necesario asegurarse de que los elementos de juego no distraigan del objetivo principal, que es el aprendizaje.

Se demuestra que es necesario monitorizar y evaluar el impacto de la gamificación de forma continua durante su ejecución, así como en el rendimiento académico y ajustar las estrategias según sea necesario, y que su éxito depende del rol activo del docente como diseñador de experiencias significativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Céspedes Morai, J. M. (2025). Gamificación en la educación superior: Un análisis de sus beneficios y limitaciones. I+D Internacional, 4(1), Artículo 25. https://revistaid.org/index.php/intenacional/article/view/25

Lozada-Ávila, C., Betancur Gómez, S. (2018). Gamification in higher education: a systematic review. Revista Ingenierías Universidad De Medellín, 16(31), 97–124. https://doi.org/10.22395/rium.v16n31a5

Marne, B., Wisdom, J., Huynh-Kim-Bang B., and Labat J.-M., (2012). The six facets of serious game design: a methodology enhanced by our design pattern library. European Conference on Technology Enhanced Learning, 2012, pp. 208-221. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33263-0_17

Orden ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico (BOE núm. 312, de 29 de diciembre de 2007). https://www.boe.es/eli/es/o/2007/12/27/eci3855

Ortega y Andrade, F. La construcción en Asiria y Persia. Revista de Edificación, 8 (1990): 65-76. https://doi.org/10.15581/020.8.35048

Ortega y Andrade, F. La construcción en Egipto (I) y (II). Revista de Edificación, 10 (1992): 55-65 y 11 (1992): 57-66. https://doi.org/10.15581/020.11.35017 y https://doi.org/10.15581/020.10.35028

Poveda Pineda, D. F., Limas-Suárez, S. J., & Cifuentes-Medina, J. E. (2023). La gamificación como estrategia de aprendizaje en la educación superior. Educación Y Educadores, 26(1), e2612. https://doi.org/10.5294/edu.2023.26.1.2

Ramos Cevallos, M. P., Segovia Avendaño, M. E., Juárez Tamayo, N. (2024). Impacto de la gamificación en el aprendizaje de estudiantes universitarios. RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 14(28), e659. https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.1902

Valenzuela Osuna, S., Guardado Garza, K. G., & Díaz Díaz, M. A. (2024). La influencia de la gamificación en la educación superior. Revisión de literatura. Revista De Investigación En Tecnologías De La Información, 12(26), 39–47. https://doi.org/10.36825/RITI.12.26.004

Villamar Gavilanes, A. M., Sánchez Casanova, R. (2024). Explorando las bases pedagógicas de la gamificación como enfoque metodológico en la enseñanza superior. Educación, 33(65), 166–188. https://doi.org/10.18800/educacion.202402.E001

METODOLOGÍA APRENDIZAJE-SERVICIO EN ARQUITECTURA TÉCNICA. EXPERIENCIAS EN VILANOVA I LA GELTRÚ (BARCELONA)

SERVICE-LEARNING METHODOLOGY IN ARCHITECTURAL TECHNOLOGY: EXPERIENCES IN VILANOVA I LA GELTRÚ (BARCELONA)

Montserrat Bosch González [(1)*], Mireia Bosch Prat [(1)], Natalia Wolferstatter [(1)], Félix Ruiz Gorrindo [(2)], Judit Ramírez-Casas [(1)]

[1] Universitat Politècnica de Catalunya, Departament Tecnologia de l'Arquitectura EPSEB, España
* montserrat.bosch@upc.edu
[2] Ayuntamiento Vilanova i la Geltrú, España

RESUMEN

El Aprendizaje-Servicio (ApS) es una Metodología Educacional que combina diferentes procesos relacionados con el aprendizaje. La Corporation for National and Community Service (CNCS) define el ApS como "una metodología mediante la cual el estudiantado aprende realizando un servicio útil a la comunidad, realizando tareas bien articuladas e integradas en los planes de estudios, todas estructuradas para estimular el pensamiento y expandir lo aprendido en las aulas."

La Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona (EPSEB-UPC) ha articulado este tipo de aprendizaje mediante Trabajos Finales de Estudios, en distintas líneas: convenios de colaboración con empresas, proyectos de cooperación al desarrollo sostenible, colaboraciones con entidades sociales y organizaciones no gubernamentales y también como es el caso que exponemos en esta ponencia, con la administración local.

Después de años de colaboración en proyectos diversos, la EPSEB firmó un Convenio de Colaboración con el Ayuntamiento de Vilanova i la Geltrú (Barcelona), ciudad costera con un pasado marinero e industrial y un patrimonio arquitectónico que ofrece diversas oportunidades para desarrollar Proyectos ApS. Actualmente se han realizado diez proyectos que van desde el análisis de conservación de las fachadas del barrio del mar, a estudios de diagnosis del parque edificado de titularidad pública como el Mercat del Centre, el Castillo de la Geltrú, los antiguos cuarteles o el edificio de calderas, en desuso, de la fábrica Pirelli.

Los resultados de esta colaboración han supuesto, para el estudiantado, una excelente entrada en la realidad del sector acompañado de las tutoras académicas y el tutor externo en representación del Ayuntamiento; para la universidad, una línea de trabajo estructurada que permite construir un corpus de conocimiento e investigación de calidad con publicaciones derivadas; y para la sociedad, y en este caso la población de Vilanova i la Geltrú, una documentación útil y valiosa para avanzar en la conservación del patrimonio construido.

Palabras clave: *compromiso social, responsabilidad, pensamiento crítico, partenariado*

ABSTRACT

Service-Learning (ApS) is an educational methodology that combines different learning-related processes. The Corporation for National and Community Service (CNCS) defines Service-Learning as "a methodology through which students learn by performing a useful service for the community, carrying out well-structured tasks that are integrated into the curriculum, all designed to stimulate thinking and expand what is learned in the classroom."

The Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona (EPSEB-UPC) has implemented this type of learning through Final Degree Projects in various areas: collaboration agreements with companies, projects

for sustainable development cooperation, partnerships with social organizations and non-governmental organizations, and, as presented in this paper, with local government.

After years of collaboration on various projects, EPSEB signed a Collaboration Agreement with the Vilanova i la Geltrú City Council (Barcelona), a coastal city with a maritime and industrial past and an architectural heritage that offers numerous opportunities for Service-Learning projects. To date, ten projects have been carried out, ranging from the conservation analysis of façades in the maritime district to diagnostic studies of publicly owned buildings such as the Mercat del Centre, the Castle of La Geltrú, the former military barracks, or the disused boiler building of the Pirelli factory.

The results of this collaboration have provided students with an excellent introduction to the realities of the sector, accompanied by academic tutors and an external tutor representing the City Council. For the university, it has established a structured line of work that contributes to building a high-quality body of knowledge and research, leading to academic publications. For society - specifically, the residents of Vilanova i la Geltrú - this collaboration has resulted in valuable documentation that supports the conservation of built heritage.

Keywords: *social commitment, responsibility, critical thinking, partnership*

1. INTRODUCCIÓN

En los Planes de Estudios de Arquitectura Técnica se definen asignaturas que garantizan las habilidades generales, específicas y transversales. Según el Libro Blanco de la Ingeniería en Edificación, los perfiles resultantes son: dirección técnica de obra, gestión de producción, prevención y seguridad, explotación del edificio, consultoría, asesoramiento, auditorías técnicas, y desarrollo de proyectos técnicos (ANECA, 2005). Estos perfiles requieren conocimientos vinculados al hecho constructivo (cálculo de estructuras, selección de materiales, resolución de problemas en obra, interpretación de documentación gráfica) y a la gestión (economía, organización, control de calidad, seguridad y salud).

Dada la situación actual, es necesario incorporar como tercer pilar las habilidades en sostenibilidad, entendidas como la integración de factores sociales, económicos y ambientales, así como principios éticos y comportamientos responsables.

Nuestra experiencia docente nos permite asegurar que, aunque la formación teórica universitaria es adecuada (según encuestas realizadas a contratadores), es necesario introducir actividades docentes innovadoras que acerquen al estudiantado a la realidad del sector y contribuyan al desarrollo de habilidades tanto específicas como transversales, necesarias a lo largo de toda la vida profesional (CGATE, 2023).

Al igual que los estudiantes de medicina realizan prácticas en hospitales, acompañando a los profesionales en las visitas médicas o como asistentes en intervenciones quirúrgicas, en los estudios relacionados con la arquitectura, la construcción y la edificación, es imprescindible el acercamiento a la realidad constructiva y a los edificios para poder aplicar los conocimientos adquiridos. Pero no siempre es fácil poder acceder a ellos, tanto si están ya en uso, para no interferir con las condiciones de habitabilidad, como si están en proceso de construcción por cuestión de seguridad y riesgos laborales.

Para dar respuesta a esta necesidad de aplicar la formación sobre edificios existentes, en el año 2021 se firmó un Convenio Marco de Colaboración entre la Universidad Politécnica de Cataluña y el Ayuntamiento de Vilanova i la Geltrú, con el objetivo de establecer el marco para la realización de proyectos que fuesen de utilidad para el municipio de Vilanova i la Geltrú, y para el territorio en general. Estos proyectos, a realizar por el estudiantado de la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona (EPSEB), tanto de Grados como de Máster, se centraban en el ámbito de la rehabilitación, la eficiencia energética, la sostenibilidad, el urbanismo, la topografía y la georreferenciación. El convenio se firmó libre de compromisos financieros para las partes firmantes, por lo que la relación del estudiantado con la entidad no tenía carácter laboral.

Vilanova i la Geltrú es capital de la Comarca del Garraf (Provincia de Barcelona, España). Las primeras referencias sobre la existencia de Vilanova son de 1232 (Oliva, 2022). Es una ciudad que, debido a su estratégica ubicación cercana al mar y su extenso puerto, dispone de un pasado que ha dado lugar a una amplia diversidad de edificios, de distintas épocas y usos, que son excelentes casos de estudio y permiten abordar los conocimientos relacionados con la rehabilitación y la restauración con aquellos estudiantes que cursan el Grado de Arquitectura Técnica (GATE) y/o los del Máster de Diagnosis y Técnicas de Intervención en Edificación Existente (MUDIATEC).

En este contexto se presentan las experiencias de Aprendizaje Servicio (ApS), una metodología educativa que combina aprendizaje con servicio a la comunidad. La Corporación de Servicios Nacionales y Comunitarios (CNCS) define el *Service-Learning* como una *"metodología a través de la cual los estudiantes aprenden realizando un servicio útil para la comunidad, realizando tareas bien estructuradas e integradas en el currículum, todo pensado para estimular el pensamiento y ampliar aquello que se aprende en el aula"* (Spring, Grimm Jr & Dietz, 2008).

2. OBJETIVOS

La universidad, como motor de transformación social, debe comprometerse activamente con los desafíos contemporáneos. En esta línea, se analiza la implementación de la Metodología de Aprendizaje-Servicio (ApS) en los Trabajos Finales de Estudio (TFE), tanto de grado como de máster, a partir de la experiencia acumulada en diez proyectos realizados, defendidos y aprobados en el marco del Convenio de Colaboración entre la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) y el Ayuntamiento de Vilanova i la Geltrú.

3. METODOLOGÍA

El proceso seguido ha sido el siguiente: en primer lugar, el Ayuntamiento de Vilanova i la Geltrú clasifica los posibles edificios públicos susceptibles de estudio según diversos criterios: características tipológicas y constructivas; en función de los valores patrimoniales; estado de conservación; las limitaciones prestacionales: térmicas, acústicas y de accesibilidad; disponibilidad de información y signos que evidencien la evolución del edificio o del entorno. A su vez, se consideran dimensiones más intangibles como el valor simbólico, el vínculo emocional de la ciudadanía con el edificio, o su significación identitaria dentro del municipio. Esta sistematización da lugar a un catálogo de edificios que, además de ser una herramienta útil para el consistorio, resuelve una de las principales barreras del estudiantado al iniciar un Trabajo Final de Estudios (TFE): encontrar un caso práctico factible y accesible que esté alineado con sus intereses académicos.

Desde el ámbito universitario, la elección de integrar el Aprendizaje-Servicio en los TFEs responde al grado de madurez académica del estudiantado, que, tras haber adquirido una base teórica sólida, debe afrontar un proyecto final de estudios. Según la Taxonomía de Bloom los TFEs deberían desarrollarse principalmente en los Niveles 4, 5 y 6 -analizar, evaluar y crear- respectivamente, situándose en la parte más alta de la jerarquía de capacidades cognitivas (Anderson & Krathwohl, 2001; Salam et al., 2019). Aunque el estudiantado es el principal protagonista del aprendizaje, el proyecto debe realizarse bajo la tutela de un profesor de la EPSEB y de un técnico del Ayuntamiento de Vilanova i la Geltrú, siendo ambos, expertos en las materias a desarrollar de los trabajos.

Durante el desarrollo del TFE, se establecen reuniones periódicas entre estudiantes y directores del proyecto, generando espacios de reflexión que permiten integrar el aprendizaje práctico con el conocimiento teórico. Estas sesiones también sirven como herramienta para evaluar competencias transversales, como el pensamiento crítico, la capacidad de resolución de problemas, la empatía, la conciencia social y el compromiso ético.

Desde el inicio, se solicita a todos los estudiantes la elaboración de un cronograma detallado, donde se identifiquen los hitos relevantes y su temporalización. Este instrumento permite realizar un seguimiento sistemático del avance del proyecto, evaluando la capacidad del estudiante para gestionar su tiempo, asumir responsabilidades y desarrollar un aprendizaje autónomo.

En cuanto a la evaluación de los TFE desarrollados mediante la Metodología ApS, se dispone -por un lado- de las calificaciones emitidas por los tribunales evaluadores, compuestos por docentes expertos en las áreas específicas tratadas en los trabajos. La nota final refleja tanto la calidad del proyecto como la capacidad del estudiante para ejecutarlo y presentarlo, con independencia de la metodología utilizada.

Por otro lado, para visibilizar el impacto del Aprendizaje-Servicio, se ha planteado un proyecto adicional titulado "Aprendizaje Basado en Proyectos: la colaboración con el Ayuntamiento de Vilanova i la Geltrú", actualmente en curso. Este proyecto propone, entre otros objetivos específicos, el diseño de una exposición pública itinerante en el Museo del Ferrocarril de Cataluña (pendiente de confirmación en el momento de redactar este documento), con el fin de difundir los resultados de los TFEs a la ciudadanía local, en primer lugar, y más tarde, en otros municipios para extender el ejemplo de colaboración. La muestra incluirá material expositivo derivado de los diez trabajos previos, con un enfoque divulgativo. Además, se incorporarán

mecanismos de retroalimentación ciudadana, como encuestas a visitantes y libros de sugerencias, para recoger la percepción del público sobre las problemáticas abordadas y las propuestas planteadas. Esta acción permitirá evaluar la efectividad del ApS no solo como estrategia pedagógica, sino también como herramienta de comunicación y participación ciudadana.

4. RESULTADOS

Entendiendo que queremos demostrar los beneficios y ventajas que ha proporcionado el sistema Aprendizaje Servicio, a continuación, se presentan los resultados obtenidos por la Entidad que recibe el servicio, la Ciudad de Vilanova y la Geltrú y, por otro lado, los resultados de aprendizaje por parte del estudiantado y las competencias que ha adquirido durante la realización del trabajo académico en este modelo docente.

El conjunto de trabajos analizados en el 2025, y que se muestran a continuación, será la base de datos a partir de la cual se valorará el Método de Aprendizaje-Servicio aplicado en TFEs.

Tabla 1. Listado de TFE con indicación del ID, fecha de defensa del trabajo, autor/a, título, directores, codirectores y URI.

ID trabajo **Fecha convocatoria**	**Autor/ Titulo del trabajo** **Directores/Codirectores** **URI**
TR-01 Septiembre 2022	Oliva, Federica “Resiliencia en el barrio del Mar de Vilanova i la Geltrú” Directora Bosch González, Montserrat. Universitat Politècnica de Catalunya; Codirector Ruiz Gorrindo, Fèlix. Ajuntament de Vilanova. URI: http://hdl.handle.net/2117/377002
TR-02 Mayo 2023	Dekort Mesalles, Ariadna “Pre-diagnosi de l’estat de conservació en el Barri del Mar de Vilanova i la Geltrú” Directora Bosch Prat, Mireia. Universitat Politècnica de Catalunya; Codirector Ruiz Gorrindo, Fèlix. Ajuntament de Vilanova URI: http://hdl.handle.net/2117/388136
TR-03 Enero 2025	Fita Esteban, Ferran “Pre-diagnosi del Barri de Mar de Vilanova i la Geltrú” Directora Bosch Prat, Mireia. Universitat Politècnica de Catalunya; Codirector Ruiz Gorrindo, Fèlix. Ajuntament de Vilanova URI: http://hdl.handle.net/2117/430547
TR-04 Junio 2023	López Morales, Salvador “El mercat del centre de Vilanova i la Geltrú: camí del centenari amb noves adaptacions en eficiència energètica i ús de l’espai” Directora Bosch Prat, Mireia. Universitat Politècnica de Catalunya; Codirector Ruiz Gorrindo, Fèlix. Ajuntament de Vilanova URI: http://hdl.handle.net/2117/394585
TR-05 Septiembre 2022	Pointis, Marcos “Diagnosi del edificio de les Casernes” Directora Bosch Prat, Mireia. Universitat Politècnica de Catalunya; Codirector Ruiz Gorrindo, Fèlix. Ajuntament de Vilanova URI: http://hdl.handle.net/2117/382671
TR-06 Septiembre 2022	Ramos González, Max Anthony “Diagnosis del edificio de las calderes de la antigua fàbrica Pirelli, Vilanova i la Geltrú” Directora Berigüete Alcantara, Fanny Esther. Universitat Politècnica de Catalunya; Codirector Ruiz Gorrindo, Fèlix. Ajuntament de Vilanova URI: http://hdl.handle.net/2117/376411
TR-07 Abril 2025	Novales Asensio, Ariadna “Avaluació prestacional i proposta d’intervenció de l’edifici de l’Ajuntament de Vilanova i la Geltrú” Directora Bosch Prat, Mireia. Universitat Politècnica de Catalunya; Codirector Ruiz Gorrindo, Fèlix. Ajuntament de Vilanova URI: https://hdl.handle.net/2117/443282
TR-08 Abril 2025	Casas Arenas, Alejandra “Diagnosis del Castillo de la Geltrú. Archivo comarcal del Garraf” Directora Bosch Prat, Mireia. Universitat Politècnica de Catalunya; Codirector Ruiz Gorrindo, Fèlix. Ajuntament de Vilanova URI no disponible
TR-09 Abril 2025	Carrillo Figueroa, Mónica “Diagnosis del edificio del Archivo-Histórico comarcal del Garraf (C/ calç, 11 Vilanova i la Geltrú)” Directora Bosch Prat, Mireia. Universitat Politècnica de Catalunya; Codirector Ruiz Gorrindo, Fèlix. Ajuntament de Vilanova URI no disponible
TR-10 Mayo 2023	Hipólito Crisólogo, Giancarlo Xavier “Estudio de eficiencia energética de la Biblioteca Joan Oliva i Milà, Vilanova i la Geltrú” Directora Berigüete. Fanny Esther. Alcantara Universitat Politècnica de Catalunya; Codirector Fèlix Ruiz Gorrindo. Ajuntament de Vilanova

ID trabajo Fecha convocatoria	Autor/ Titulo del trabajo Directores/Codirectores URI
	URI http://hdl.handle.net/2117/393129
TR-11 Septiembre 2025	Wolferstätter Fernández, Natalia "Aprenentatge basat en Projectes: la col·laboració amb l'Ajuntament de Vilanova i la Geltrú" Directora Bosch González, Montserrat. Universitat Politècnica de Catalunya; Codirectora Bosch Prat, Mireia. Universitat Politècnica de Catalunya (en curso)

4.1 Servicio a la comunidad

Una de las aportaciones más relevantes de los Trabajos Finales de Estudio desarrollados bajo la Metodología de Aprendizaje-Servicio es su impacto directo y tangible en la comunidad. Lejos de tratarse únicamente de ejercicios académicos, estos proyectos ofrecen respuestas reales a necesidades detectadas por el propio municipio, contribuyendo a mejorar edificios, promover el patrimonio local y facilitar la toma de decisiones en políticas urbanas.

Los once TFE analizados se han orientado a diagnosticar y proponer mejoras sobre equipamientos públicos o conjuntos residenciales, muchos de ellos de carácter patrimonial o con funciones sociales estratégicas, como mercados, archivos históricos o espacios comunitarios. Gracias a este enfoque, la administración local ha podido acceder a estudios técnicos, elaborados con criterios profesionales, que servirán de base para tomar decisiones posteriores por parte del Ayuntamiento.

Asimismo, el contacto directo entre los estudiantes y los representantes municipales ha favorecido una interacción horizontal que enriquece tanto la experiencia educativa como la gestión local. El servicio prestado se concreta no solo en los informes técnicos elaborados, sino también en la transferencia de conocimiento, la sensibilización ciudadana y la creación de materiales de consulta (bases de datos, fichas de inspección, planos, propuestas de intervención) que quedan a disposición del ayuntamiento.

Se plantearon 3 categorías temáticas como ejes principales:

1. Evolución histórica e identidad local:

Trabajos que se basan en aspectos históricos del municipio y ofrecen una visión global que contribuye a reforzar el sentido de pertenencia y la conciencia colectiva.

2. Diagnóstico y puesta en valor de edificios existentes:

Trabajos centrados en edificios o espacios concretos que permiten detectar necesidades, proponer mejoras o revalorizar elementos patrimoniales al servicio de la comunidad.

3. Análisis y fomento de la sostenibilidad local:

Trabajos que abordan aspectos ambientales, sociales y económicos con el objetivo de promover un desarrollo sostenible y responsable, generando acciones transformadoras en el territorio.

4.1.1 *Evolución histórica e identidad local*

La lectura transversal del *Barri de Mar* desde la perspectiva de la resiliencia urbana es un buen ejemplo de identidad local, analizando la capacidad del entorno construido para resistir, adaptarse y transformarse ante cambios sociales, económicos o medioambientales. A través de inspecciones visuales sistematizadas y fichas diagnósticas, se analiza una muestra representativa de edificios para detectar lesiones, tipologías constructivas, niveles de intervención anteriores y grado de deterioro. Se ofrece una lectura técnica que permite establecer prioridades y fundamentar futuras estrategias de intervención pública.

En línea con la perspectiva histórica destaca el trabajo del *Castell de la Geltrú*, edificio de origen medieval y sede del Archivo Comarcal, que analiza aspectos estructurales, de accesibilidad, conservación documental y seguridad, y se proponen estrategias de intervención compatibles con su uso y valor histórico. Poniendo de relieve un análisis historiográfico detallado del edificio y su evolución. El *Castell de la Geltrú* es un edificio muy apreciado en Vilanova, no solo por ser un castillo de origen medieval (siglo XI) sino también por la documentación que custodia (desde 1998 tiene uso del Archivo Comarcal del Garraf), siendo además lugar de consulta de documentos.

4.1.2 *Diagnóstico y puesta en valor de edificios existentes*

En esta categoría se desarrolla el edificio industrial de las *Calderas de la antigua fábrica Pirelli*, en desuso desde hace más de dos décadas, y que constituye un caso paradigmático de patrimonio fabril en riesgo. El TFM realiza un análisis técnico exhaustivo del estado de conservación, el valor patrimonial y el potencial de recuperación del inmueble. Se exploran escenarios de reutilización compatibles con el entorno urbano y se enfatiza su posible integración como equipamiento cultural, productivo o comunitario en el *Parc de Baix-a-Mar*.

Otro ejemplo es el trabajo que aborda la diagnosis integral de un edificio de origen militar construido en 1771, *Les Casernes*, que ha experimentado múltiples transformaciones y actualmente acoge diversos usos públicos. A través del análisis histórico, el levantamiento arquitectónico, la identificación de procesos patológicos estructurales y la evaluación funcional, el autor propone una serie de criterios de rehabilitación compatibles con su valor patrimonial y su uso contemporáneo, respetando los elementos singulares y proponiendo mejoras técnicas para su conservación.

4.1.3 *Análisis y fomento de la sostenibilidad local*

El caso del *Mercat del Centre* propone estrategias de mejora en eficiencia energética y uso del espacio, orientadas a su adecuación funcional y sostenibilidad de cara a su centenario. A partir de un enfoque integral, combina entrevistas a comerciantes y usuarios, análisis histórico, simulaciones energéticas y propuestas de intervención que apuestan por la mejora del confort, la sostenibilidad y la activación social del espacio. Destaca por su enfoque transversal y por lograr articular una intervención sensible, viable y adaptada a los retos contemporáneos del comercio urbano. Ganador del Premi Catalunya Construcció 2024 (Categoría Mejor TFG).

El estudio de la *Casa Consistorial de Vilanova*, construida en 1867, se plantea desde el punto de vista de accesibilidad, funcionalidad y adecuación institucional. Se identifican carencias en los recorridos, instalaciones y señalética, proponiendo una reconfiguración espacial que permita aproximar el edificio a sus usuarios y mejorar su relación con la ciudadanía.

El trabajo de la *Biblioteca Joan Oliva i Milà* aborda la mejora del comportamiento de un edificio catalogado situado en el centro histórico. Se analizan consumos, envolvente, instalaciones y climatización, y se formulan propuestas técnicas orientadas a la sostenibilidad energética y a la reducción de emisiones asociadas, respetando el valor arquitectónico y funcional del equipamiento público.

Desde el ayuntamiento se considera de gran utilidad generar un catálogo de edificios que aborden cada una de las categorías, con el objetivo de regenerar la ciudad en clave municipal, poniendo en valor y conservando el patrimonio arquitectónico y promoviendo un desarrollo sostenible y responsable.

4.2 El aprendizaje

Este apartado analiza cómo el desarrollo de los proyectos en el marco del Aprendizaje Servicio (ApS) ha contribuido al aprendizaje del estudiantado, especialmente en cuanto a la adquisición de competencias transversales y específicas:

4.2.1 *Trabajo en equipo y colaboración*

Los estudiantes trabajan de forma coordinada bajo la supervisión docente y de técnicos del Ayuntamiento, tomando decisiones de forma consensuada.

Se evidencia una fuerte colaboración, como en el caso del *Barri del Mar*, donde tres estudiantes elaboran sus respectivos trabajos en periodos diferentes siendo el conjunto una elaboración sistemática de información, utilizando la misma metodología, fichas, escala de gravedad para describir cualitativamente las lesiones.



Figura 1. Codificación de edificios del *Barri de Mar,* donde se percibe la metodología comuna, el trabajo en equipo y la colaboración estrecha de los tres estudiantes. Fuente: Oliva, 2022



Figura 2. Plano elaborado por los estudiantes aplicando la escala de gravedad en el *Barri de Mar*. Los estudiantes aplican el pensamiento crítico para resolver problemas y establecer los grados de gravedad. Fuente: Oliva, 2022

4.2.2 *Comunicación oral y escrita*

La defensa oral de los trabajos ante el tribunal es un momento clave en todo proceso de aprendizaje, es este momento donde se puede evaluar la claridad, la estructura y la capacidad de respuesta como herramientas de comunicación oral. Otro aspecto a destacar en los trabajos es la comunicación gráfica que permite sintetizar, organizar y transmitir información compleja de manera clara el entorno académico.

4.2.3 *Pensamiento crítico y resolución de problemas*

Los estudiantes se enfrentan a problemas reales mediante el trabajo de campo donde se producen situaciones imprevistas y complejas. Aplican pensamiento crítico para formular hipótesis, identificar conflictos, establecer la escala de gravedad en el análisis de procesos patológicos, evaluando las alternativas y proponiendo soluciones técnicas de intervención contextualizadas.

4.2.4 *Empatía y conciencia social*

El contacto con el municipio, el *Barri del Mar, el Mercat Central, las Casernes*, el *Castell de la Geltrú…* y las personas que gestionan los edificios, los usuarios de los edificios y los técnicos municipales fomenta la empatía y la responsabilidad social.

Un ejemplo especialmente relevante es el *Mercat del Centre*, en el que el estudiante demuestra una sólida conciencia social al identificar y analizar las necesidades de transformación del espacio mediante encuestas dirigidas tanto a los paradistas como a los usuarios, donde se recopilaron opiniones clave que permitieron detectar mejoras orientadas a incrementar el confort laboral, la funcionalidad del espacio y la calidad de la experiencia del cliente.

4.2.5 *Responsabilidad y compromiso ético*

Mayoritariamente, los estudiantes han demostrado un compromiso ético, actuando de manera respetuosa y responsable en relación con la comunidad implicada. Han cumplido los compromisos adquiridos y han considerado cuidadosamente el impacto de sus acciones, respetando los plazos y acuerdos establecidos con las organizaciones comunitarias.

4.2.6 *Aprendizaje autónomo y gestión del tiempo*

Este tipo de TFE fomenta la autonomía del estudiantado, que debe gestionar su tiempo, planificar tareas y buscar recursos por iniciativa propia. Un ejemplo de esta autonomía es el uso de técnicas de levantamiento fotográfico en los proyectos del *Barri del Mar*, que implican competencias no incluidas formalmente en el plan de estudios.

Al comenzar un Trabajo Final de Estudios, se requiere una planificación detallada de las tareas, a partir de la cual se organizan reuniones periódicas para el seguimiento del proyecto. Esto obliga al estudiantado a

estructurar sus actividades y a cumplir con los plazos establecidos. Sin embargo, en algunos casos, un exceso de optimismo en la estimación de tiempos y recursos lleva a revisar y reajustar la planificación inicial. Este proceso de reflexión sobre la gestión del tiempo y la capacidad de respuesta ante las exigencias del proyecto contribuyen al desarrollo



Figura 3. Alzado *Passeig Marítim* num. 69-76 montaje mediante imágenes rectificadas de cada fachada. Fuente: Oliva, 2022

5. CONCLUSIONES

Los TFEs desarrollados bajo la Metodología de Aprendizaje-Servicio (ApS) han demostrado ser una herramienta eficaz, tanto para generar un impacto positivo en la comunidad como, para potenciar el aprendizaje significativo del estudiantado. Estos proyectos han trascendido el marco académico para convertirse en instrumentos útiles para la administración pública, ofreciendo diagnósticos técnicos, propuestas de intervención fiables y materiales de consulta que contribuyen a la conservación y puesta en valor del patrimonio arquitectónico y a la mejora de la sostenibilidad urbana.

Desde la perspectiva del servicio a la comunidad, los once TFEs analizados han respondido a necesidades reales del municipio, abordando edificios y espacios públicos de valor patrimonial, funcional o simbólico. Las temáticas trabajadas -la evolución histórica e identidad local, la rehabilitación de edificaciones existentes y la sostenibilidad- han contribuido a preservar la memoria colectiva, activar recursos infrautilizados y fomentar un urbanismo más responsable y participativo.

En cuanto al aprendizaje del estudiantado, la Metodología ApS ha fortalecido competencias transversales clave como el trabajo en equipo, la comunicación oral, escrita y gráfica, así como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la empatía y el compromiso ético. De manera especial, los proyectos han fomentado el aprendizaje autónomo, al exigir que los estudiantes planifiquen, gestionen su tiempo y busquen recursos de forma independiente. Esta experiencia práctica les ha permitido enfrentarse a retos complejos, tomar decisiones fundamentadas y reflexionar sobre sus propios procesos de aprendizaje, desarrollando así habilidades metacognitivas que son fundamentales para su futuro profesional.

En definitiva, los TFEs realizados en clave de Aprendizaje-Servicio no solo cumplen con los objetivos académicos exigidos, sino que multiplican su valor al generar conocimiento útil, fomentar la conciencia social del estudiantado y establecer vínculos duraderos entre universidad y territorio. Se trata, por tanto, de una metodología con alto potencial transformador que debería consolidarse y ampliarse en el contexto universitario.

Por tanto, el Aprendizaje-Servicio en los TFEs permite **vincular la universidad con su entorno inmediato**, ofreciendo soluciones a problemas reales desde una perspectiva técnica, ética y comprometida. Este tipo de colaboración evidencia que la universidad puede y debe desempeñar un **rol activo como agente transformador**, promoviendo mejoras concretas en la calidad de vida de la ciudadanía a través de la acción académica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y ACREDITACIÓN, Universidad de Valladolid, & Passolas, J. (2005). *Título de grado en ingeniería de edificación*. ANECA.

CGATE. (2023). *Informe diagnóstico de la construcción. Q4 2023*. Recuperado de https://coatsevilla.es/2023/12/11/cgate-informe-diagnostico-de-la-construccion-q4-2023/

Oliva, F. (2022). *Resiliencia en el barrio del mar de Vilanova i la Geltrú (Treball Final de Grau)*. UPC, Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona, Departament de Tecnologia de l'Arquitectura. http://hdl.handle.net/2117/377002

Spring, K., Grimm Jr, R., & Dietz, N. (2008). *Community service and service-learning in America's schools*. Corporation for National and Community Service. https://eric.ed.gov/?id=ED506728

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A revised Bloom's taxonomy: Theory, applications, and use*. Longman.

Salam, M., Awang Iskandar, D. N., Ibrahim, D. H. A., & Farooq, M. S. (2019). Service learning in higher education: A systematic literature review. *Asia Pacific Education Review, 20*, 573–593. https://doi.org/10.1007/s12564-019-09580-6

Dekort Mesalles, A. (2023). *Prediagnosi de l'estat de conservació en el Barri de Mar de Vilanova i la Geltrú (Treball Final de Grau)*. UPC, Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona. http://hdl.handle.net/2117/388136

Fita Esteban, F. (2025). *Prediagnosi del barri de mar de Vilanova i la Geltrú (Treball Final de Grau)*. UPC, Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona. http://hdl.handle.net/2117/430547

López Morales, S. (2023). *El Mercat del Centre de Vilanova i la Geltrú: Camí al centenari amb noves adaptacions en eficiència energètica i ús de l'espai (Treball Final de Grau)*. UPC, Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona. http://hdl.handle.net/2117/394585

Pointis, M. (2022). *Diagnosis del edificio de Les Casernes, Vilanova i la Geltrú (Projecte Final de Màster Oficial)*. UPC, Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona. http://hdl.handle.net/2117/382671

Ramos González, M. A. (2022). *Diagnosis del edificio de las calderas de la antigua fábrica Pirelli, Vilanova i la Geltrú (Projecte Final de Màster Oficial)*. UPC, Departament de Física. http://hdl.handle.net/2117/376411

Ruiz Gorrindo, F. (2014). *Escala de gravedad de daños en edificios: De la asignación directa a la contrastación estadística* (Tesis doctoral). Universitat Politècnica de Catalunya. https://upcommons.upc.edu/handle/2117/95578

Hipólito Crisólogo, H. C. (2023). *Estudio de eficiencia energética de la Biblioteca Joan Oliva i Milà, Vilanova i la Geltrú (Projecte Final de Màster Oficial)*. UPC, Departament de Física. http://hdl.handle.net/2117/393129

PROYECTOS DE APRENDIZAJE Y SERVICIO DE ACÚSTICA EN LA ESCUELA DE EDIFICACIÓN

SERVICE-LEARNING PROJECTS IN ACOUSTICS AT THE SCHOOL OF BUILDING

David Caballol Bartolomé [(1)], Mónica Morales Segura [(2)]

[1] Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control, ETSEM-UPM, Madrid, España, david.caballol@upm.es
[2] Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control, ETSEM-UPM, Madrid, España, monica.morales@upm.es

RESUMEN

En este trabajo se presentan los proyectos de aprendizaje y servicio (ApS) que se vienen realizando desde hace cuatro años con los estudiantes del Máster Oficial en Innovación Tecnológica de la Edificación. Este Máster se imparte en la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid, y tiene dos asignaturas relacionadas con la acústica, Introducción al Aislamiento Acústico y Acondicionamiento y Aislamiento Acústico.

Los proyectos consisten en la caracterización acústica a través de diferentes ensayos in situ para la resolución de los posibles problemas relacionados con el confort acústico de espacios docentes. Han sido tres centros, todos públicos, dos de ellos de educación primaria y el tercero de enseñanza para adultos.

Los resultados técnicos obtenidos han servido para que los centros puedan mejorar sus condiciones de aislamiento e inteligibilidad, en concreto en uno de ellos, sirvieron para que se acometieron obras de acondicionamiento, con lo que se pudo volver a caracterizar y comprobar la mejora obtenida.

En cuanto a los resultados académicos, las experiencias han sido muy satisfactorias. Los estudiantes valoran especialmente enfrentarse a problemas reales, desde la toma de datos hasta la realización final de los informes que incluyen recomendaciones de mejora. Les motiva principalmente poder aportar soluciones que pueden llevarse a cabo y mejorar condiciones concretas de un edificio.

Los centros educativos agradecen la información técnica recibida y los informes que les pueden ser de utilidad para mejorar sus instalaciones. En ocasiones, también han aprovechado nuestras visitas para mostrar a los estudiantes lo que hacemos y enseñarles conceptos básicos sobre el ruido.

Las complejidades burocráticas y la dificultad para conciliar horarios y espacios entre los centros educativos y la universidad son inconvenientes menores comparados con lo gratificante que resulta llevar a cabo este tipo de proyectos.

Palabras clave: *ApS, Acústica, Ensayos in situ, Aislamiento acústico, Acondicionamiento acústico.*

ABSTRACT

This paper explains the Service-Learning projects (S-LP) that have been implemented over the past four years with students of the Official Master's Degree in Technological Innovation in Building. This master's program is offered at the ETSEM of the UPM, and it incorporates two courses relating to acoustics: Introduction to Acoustic Insulation and Acoustic Conditioning and Insulation.

The projects involve acoustic characterization through various in situ tests, with the purpose of attending potential issues concerning to the acoustic comfort of educational spaces. Three public education buildings have participated in this study, two of which are dedicated to primary education and one to adult's education.

The technical outcomes have contributed positively to the institutions in improving their insulation and intelligibility conditions. Notably, in one of the schools, the results helped make renovation works possible, which allowed us to recharacterize and verify the improvements.

Regarding academic outcomes, the experiences have been overwhelmingly positive. Students have reported a high level of satisfaction with the practical, hands-on approach, which engages them to solving real-world problems. This process spans from data collection to the development of reports that include actionable recommendations for improvement. The students are primarily motivated by the opportunity to propose viable solutions that can be implemented to improve specific conditions within a building.

The educational institutions have expressed their gratefulness for the technical information and the reports that have proven valuable in improving their facilities. On several occasions, they have taken advantage of our visits to engage students by showcasing our work and introducing fundamental concepts related to noise and acoustics.

The logistical complexities and scheduling challenges inherent in coordinating activities between the educational institutions and the university are relatively minor obstacles when viewed in the context of the profoundly rewarding nature of this activity.

Keywords: *S-LP, service-learning, acoustic, in situ test, acoustic insulation, acoustic conditioning*

1. INTRODUCCIÓN

El Aprendizaje-Servicio (ApS) (Furco, 2011) es una metodología educativa que combina la formación académica con el servicio a la comunidad, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos en contextos reales mientras contribuyen a resolver problemas sociales. Dentro del Grupo de Innovación Educativa "Actitud Constructiva" de la UPM, somos un grupo de profesores que llevamos desde hace más de 4 cursos desarrollando una experiencia ApS que aborda desafíos como el confort acústico y la convivencia en edificios y barrios.

Todo comenzó como una colaboración con el Colegio Público de Enseñanza Primaria Eugenio María de Hostos de Madrid durante el curso 2018-2019. El director del centro nos comunicó los problemas acústicos que tenían, principalmente, en el comedor escolar y en el gimnasio del centro.

Ante estos problemas, nos planteamos que posiblemente podríamos ayudarles, enfocando las prácticas de varias asignaturas del Máster en Innovación Tecnológica en Edificación (MITE) a los problemas específicos que nos plantearon.

Esta primera colaboración, se concibió "extraoficialmente", sin saber que lo que estábamos haciendo era un proyecto de Aprendizaje y Servicio. Simplemente se propuso con el ánimo de ayudar a la institución y de que nuestros estudiantes aprendieran, por lo que no se desarrolló bajo el amparo institucional.

A partir de la excelente experiencia, que describiremos a continuación, nos planteamos institucionalizar los proyectos de Aprendizaje y Servicio en dos de nuestras asignaturas como metodología habitual. Las asignaturas demandaban la realización de ensayos in situ y dentro de nuestro edificio estábamos agotando los espacios a ensayar.

Una vez decidimos llevar a cabo está metodología como algo permanente, iniciamos una búsqueda de información sobre Proyectos ApS con la intención de aprender de las experiencias de otros. En concreto, buscamos proyectos ApS realizados que se hubieran dedicado a temas de confort acústico. Sin embargo, no hemos sido capaces de encontrar proyectos que hayan hecho algo parecido (Paterlini, 2018), es habitual que los proyectos se centren en enseñar a los estudiantes otros aspectos como la ecología (Blanco, 2018), (González plaza, 2024), la diversidad (Estrella, 2017), o competencias, como las finanzas personales (Moreno, 2025). Los escasos proyectos que hemos encontrado que se centran en mejorar el entorno docente, se suelen enfocar en mejorar el diseño de los espacios de juego (Múñoz, 2024), (Fuentes, 2020). Esto nos ha dado una idea de lo novedoso de nuestra propuesta.

2. OBJETIVOS

Los objetivos que perseguimos en nuestros proyectos ApS, son los siguientes:

- Ayudar a los centros implicados a caracterizar sus problemas acústicos con precisión.

- Proponer soluciones viables y económicas a los problemas acústicos de los centros implicados.

- Incentivar en los centros educativos los estudios STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics)* y específicamente los de Ingeniería en la Edificación.

- Que los estudiantes:

- Aprendan a hacer ensayos acústicos en un entorno real (con problemas y casuísticas reales).

- Se familiaricen con la normativa acústica actual y sepan aplicarla.

- Experimenten y asimilen como realizar un informe técnico profesional

- Sean capaces de diseñar y presupuestar una posible solución los problemas detectados.

3. METODOLOGÍA

La metodología empleada en los proyectos abordados hasta ahora tiene tres fases principales, una primera fase de evaluación de los problemas acústicos, una segunda fase de enunciado de propuestas de solución a los problemas y una última fase de redacción de los informes técnicos correspondientes.

3.1 Primera fase

Se basa principalmente en la aplicación de las normas ISO 16283 (ISO 16283, 2020) y ISO 3382 (ISO 3382, 2009) para la verificación de los resultados obtenidos y su comparación con los límites normativos impuestos por el documento básico de protección contra el ruido del Código Técnico (CTE, 2019).

En las normas ISO 16283 se especifican los procedimientos para determinar: el aislamiento acústico a ruido aéreo entre dos recintos (parte 1), el aislamiento acústico a ruido de impactos entre dos recintos (parte 2) y el aislamiento acústico de Fachadas y Cubiertas (parte 3)

Mientras que la ISO 3382 en su parte 1 se centra en como medir el tiempo de reverberación y otros parámetros acústicos relativos al confort acústico en el interior de un espacio.

Estos procedimientos están destinados a volúmenes de recintos que van desde 10 m^3 hasta 250 m^3 en el rango de frecuencias desde 50 Hz a 5000 Hz. Para conocer los distintos valores se utilizan mediciones de presión acústica proporcionados a través de los equipos. Durante el ensayo se generarán una serie de datos, resultados y gráficas.



Figura 1: Explicación del funcionamiento de los equipos

En todos los casos, el aislamiento acústico a ruido aéreo medido depende de la frecuencia y se puede transformar finalmente en un valor único que caracteriza el comportamiento acústico y que permite comparar los resultados obtenidos con los límites normativos actuales.

En el procedimiento para determinar el tiempo de reverberación se obtienen los segundos durante los que persiste el sonido en el recinto después de que este ha cesado, el llamado TR. Este TR se compara con los límites normativos actuales según el espacio que estemos analizando.

También se obtiene la inteligibilidad de la palabra, y la percepción de la privacidad en un recinto que lógicamente dependen mucho del tiempo de reverberación.

Las distintas normas que contienen estos procedimientos son presentadas durante las clases, se les da tiempo fuera del aula para que las conozcan y preparen guías de ejecución del ensayo, con el objetivo de que el día de los ensayos tengan una base. Aun así, ese día se les explica el funcionamiento de los aparatos, del software y los procedimientos (figura 1).

En esta primera fase participan los estudiantes del Máster Mite y en ocasiones también se ha invitado a participar a alumnado de grado que estuviera interesado. Al mismo tiempo estudiantes del centro donde estamos realizando los ensayos son invitados a verlos.

3.2 Segunda fase

En esta fase, una vez que los estudiantes conocen los valores acústicos y su situación respecto de la normativa, se comparten las ideas entre los compañeros/as y se proponen soluciones que podrían resolver los problemas detectados.

Entre todos se buscan las mejores propuestas y entre las que se consideren apropiadas se escogen las de más sencilla aplicación y/o menor coste. Por otro lado, se descartan aquellas propuestas erróneas y son utilizadas por los profesores para afianzar y repasar conceptos básicos de la acústica de recintos que no han sido entendidos.

3.3 Tercera fase

En esta última fase, los estudiantes redactan un informe técnico empleando como base del documento los datos obtenidos, las soluciones propuestas y un índice de informe proporcionado por el profesorado.

Esta etapa es, con diferencia, la más complicada de todas.

En nuestra experiencia de estos años, los estudiantes, acostumbrados a redactar textos académicos de otros tipos, redactan todo tipo de propuestas floridas, generalistas y sin rigor que es necesario corregir, una y otra vez.

Aunque en la segunda fase parezca que hayan quedado claras las propuestas de mejora, a la hora de redactar el informe es habitual encontrar errores conceptuales importantes y propuestas poco realistas.

En el caso de que el informe incorpore un presupuesto, es necesario revisarlo punto por punto y dar retroalimentación constante de los errores cometidos.

Cuando el documento está pulido, revisado y finalmente listo. Los estudiantes firman el documento y se le envía al director o responsable del centro educativo.

La segunda y tercera fase es realizada por estudiantes de Máster.

4. RESULTADOS

Hasta ahora hemos actuado en tres centros madrileños de educación pública y en una vivienda particular representativa de un barrio concreto de la ciudad de Madrid.

Los resultados en cada uno de los casos fueron los siguientes:

4.1 CEIP Eugenio María de Hostos

Probablemente el caso más ilusionante de todos, por su resultado final.

Los principales problemas de este colegio eran de inteligibilidad y niveles de ruido en el comedor escolar y en el gimnasio. En su informe los estudiantes recomendaron una serie de soluciones de acondicionamiento acústico de los recintos, que se tuvieron que adaptar debido a la escasa altura de los techos.

La Dirección del colegio, encantada con la propuesta, solicitó a la Comunidad de Madrid el presupuesto necesario para realizar las obras. No recibió respuesta positiva por parte de la administración, pero la empresa concesionaria del comedor del colegio, asustada por los elevados niveles de ruido que tenían que soportar sus trabajadoras (y que aparecían en el informe), se ofreció a financiar las obras de mejora.

Tuvimos la suerte de poder volver al centro una vez acabadas las obras y realizar de nuevo los mismos ensayos (Figura 2). Con lo que nuestros estudiantes pudieron comprobar que las soluciones propuestas estaban funcionando. También pudimos explicar a varios grupos de los últimos cursos del colegio los trabajos realizados.

4.2 CEPA Entrevías

En este edificio se realizaron los cuatro ensayos citados en el apartado correspondiente a la primera fase. En este caso los estudiantes detectaron deficiencias en el aislamiento de una de las fachadas, entre dos aulas y en el acondicionamiento del mini-teatro que tenían en el interior del centro.

Propusieron soluciones que incluyen la sustitución de determinadas ventanas, el trasdosado de algunos muros medianeros entre aulas y el acondicionamiento acústico del teatro.

Aún desconocemos si alguna de las propuestas realizadas, se ha podido llevar a cabo.



Figura 2: Preparación de los ensayos en el comedor reformado del colegio. El tiempo de reverberación inicial de 1,81 seg. disminuyó con las medidas adoptadas a 0,78 seg.

4.3 Barrio Ciudad de los Poetas:

Se ensayó una vivienda típica del barrio (por sus dimensiones y fecha de construcción) cedida amablemente por un particular. Los estudiantes además de los informes acústicos habituales realizaron una encuesta, que se difundió en el barrio, en la que se indagaba por las fuentes de ruido más molestas para el vecindario.

Se obtuvieron 731 respuestas y con las conclusiones obtenidas se realizaron una serie de trípticos con guías de buenas prácticas que se ofrecieron a la Asociación de vecinos y las Comunidades de propietarios del barrio. En este caso, no solo se trabajó a nivel técnico sino también social, en el sentido de proporcionar soluciones que están relacionadas con el buen uso de los espacios y el respecto al resto de ciudadanos, más que a que obras de reforma que implican un coste económico.

4.4 CEIP Claudio Moyano:

Colegio público en el barrio conocido como Chamberí de la ciudad de Madrid. El edificio está situado una vía principal con tráfico muy elevado. Se trata de un edificio histórico rehabilitado por el Ayuntamiento de la ciudad.

Nuestros estudiantes detectaron dos problemas principales en este edificio. La escasa inteligibilidad en el aula que se empleaba como estudio de radio y el problema de no poder abrir, cuando hace calor, las ventanas de las aulas colindantes con la calle Cea Bermúdez, por culpa del elevado ruido exterior.

Se realizaron dos informes, en el primero se propusieron soluciones para el acondicionamiento acústico del aula-estudio de radio. Y en el segundo se propusieron opciones de ventilación forzada con silenciadores o sistemas de aire acondicionado silenciosos.

En este caso tuvimos la oportunidad de mostrar a los más pequeños el funcionamiento de los equipos, incluida la máquina de impactos que golpea el suelo con una serie de martillos de tal manera que parece un taconeo (figura 3).



Figura 3: Grupo de niños del colegio Claudio Moyano descubriendo el funcionamiento de una máquina estandarizada de impactos.

En todos los casos los estudiantes se tuvieron que enfrentar a edificios reales, de características muy distintas, con condiciones diversas y buscar las mejores alternativas para cada uno de ellos.

5. CONCLUSIONES

La mayoría de las conclusiones que podemos extraer de los proyectos ApS realizados son tremendamente positivas para los estudiantes, para la sociedad y para la universidad en su conjunto.

Para los estudiantes:

Hemos detectado un incremento de la motivación de los estudiantes implicados en los proyectos y una drástica reducción del absentismo. Hasta ahora, los días que hay que ir a hacer mediciones acústicas, no falta ningún alumno, nadie se pone enfermo, ni tiene inconvenientes. Además, no se muestran molestos por tener que desplazarse hasta barrios alejados o porque la jornada se prolongue más de lo habitual.

Nuestros estudiantes desarrollan competencias técnicas, pero también numerosas competencias transversales como son el trabajo en equipo, la comunicación con el "cliente", la resolución de imprevistos, etc.

Los estudiantes adquieren un aprendizaje significativo al trabajar en casos reales, fomentando su compromiso con la sociedad e incrementando su rendimiento académico.

Para la sociedad:

Aporta conocimiento y propone soluciones a problemas reales que de otro modo difícilmente podrían ser abordados.

Transforma y mejora el entorno urbano mediante soluciones técnicas y participación ciudadana.

Fomenta el conocimiento de la universidad, de sus titulaciones y fortalece el vínculo entre la universidad pública y la comunidad.

Para la universidad:

Permite a la universidad desarrollar su tercera misión, transmitiendo y difundiendo el conocimiento.

Demuestra el compromiso de la universidad con la sociedad.

Facilita al profesorado el trabajo y la evaluación (si procede) de competencias genéricas.

Hemos institucionalizado la metodología ApS en las guías docentes de dos de nuestras asignaturas de Master porque estamos convencidos de sus ventajas.

Estamos incrementando el ámbito de actuación invitando a otras asignaturas de Grado o Máster a participar, sumando sus conocimientos y actividades a las nuestras. Los edificios tienen muchos aspectos a mejorar y dentro del grado de edificación se pueden abordar la mayor parte de ellos.

Estamos muy satisfechos y esperamos poder continuar con la labor que hemos realizado hasta ahora.

Los únicos puntos negativos que podemos destacar son:

La dificultad para llegar acuerdos con determinados centros públicos. Concretamente, en nuestra experiencia es muy complicado trabajar con los Institutos de Educación Secundaria de Madrid.

Año tras año se van implementando mejoras, pero la necesidad de presentar un proyecto ApS "novedoso" cada año para que sea financiado por la Universidad es difícil. No entendemos la exigencia de incluir la novedad como un parámetro necesario para la aprobación del proyecto. Un proyecto puede haber salido muy bien y como ha sido tan bueno… se repite año tras año ¿Por qué no?

La escasa y extremadamente rígida financiación que se recibe en cada proyecto aprobado. Solo se admiten gastos de material fungible y muchas veces no es lo que el proyecto necesita.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blanco, P. J. C., Carrillo, G. D., Miranda, M. J., & Camacho, C. V. (2018). Jornada de aventura "Superhéroes en la ecoescuela: Una experiencia de aprendizaje servicio para conectar la universidad y el colegio. *EmásF: revista digital de educación física*, (54), 114-123. https://investiga.upo.es/documentos/61b37c1e87eef62de67ce146

CTE DB-HR Real Decreto 732/2019 de 20 de diciembre. MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-18528

Estrella, Á. M. C., Pareja, E. M. D., & Tudela, J. M. O. (2017). Aprendizaje-servicio en la universidad: Ayudando a la escuela a atender a la diversidad a través de las TIC. *Bordón: Revista de pedagogía*, *69*(3), 73-87. https://doi.org/10.13042/Bordon.2017.51320

Fuentes, J. L., Martín-Ondarza, P., & Corcobado, P. R. (2020). El espacio como lugar para la educación cívica: diseño de un patio escolar mediante un proyecto de Aprendizaje-Servicio. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *23*(1), 149-167. https://doi.org/10.5944/ried.23.1.24496

Furco, A. (2011). El aprendizaje-servicio: un enfoque equilibrado de la educación experiencial. *Revista Educación Global*, 64-70. https://www.zerbikas.es/wp-content/uploads/2015/09/0406FURapr.pdf

González Plaza, M. I. (2024). *Propuesta de intervención para promover la conciencia ambiental a través del reciclaje y la metodología de Aprendizaje-servicio en 2º ciclo de Educación Infantil* (Bachelor's thesis). https://repositorio.ucam.edu/bitstream/handle/10952/8422/Gonz%c3%a1lez_%20Plaza_%20Maria%20Isabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ISO 16283 Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. (3 partes). International Organization for Standardization. 2020. Geneva, Switzerland. https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0057030

ISO 3382-2 Medición de parámetros acústicos en recintos. Recintos ordinarios. 2009. International Organization for Standardization. 2020. Geneva, Switzerland. https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0042473

Moreno, C. A. F., Tallia, P. G. Z., Sánchez, E. J. K., & Fuentealba, C. L. D. (2025). Aprendizaje-servicio en finanzas personales: una experiencia práctica. *Revista Educación*, *49*(1). https://doi.org/10.15517/revedu.v49i1.61283

Muñoz, A., Calvillo, G., Arbaizar, I., & de Goñi, F. (2024). Renaturalización de los patios escolares del Centro de Educación Infantil y Primaria (CEIP) Joaquín Dicenta, Madrid. Experiencias de Aprendizaje y Servicio de la UPM. https://oa.upm.es/88703/

Paterlini, L., Garzón, B., Panire, G., & Villarrubia, V. (2018) Experiencias y alternativas para la concienciación acústica en el hábitat escolar en el Gran San Miguel de Tucumán, Argentina.

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS CON METODOLOGÍA MULTI-ENFOQUE PARA EDIFICACIÓN

MULTI-APPROACH METHODOLOGY ON PROJECT-BASED LEARNING FOR BUILDING CONSTRUCTION

Javier Manso-Morato[(1)], Nerea Hurtado-Alonso[(2)], Manuel Hernando-Revenga[(1)], Víctor Revilla-Cuesta[(1)], Ana B. Espinosa[(2)], Roberto Serrano-López[(1)], Marta Skaf[(2)], Vanesa Ortega-López[(1)], Juan M. Manso[(1)]

[1] Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Burgos, 09001, España, {jmanso; mhrevenga; vrevilla; robertosl; vortega; jmmanso}@ubu.es

[2] Departamento de Construcciones Arquitectónicas e Ingeniería de la Construcción y del Terreno, Universidad de Burgos, 09001, España, {nhurtado; aespinosa; mskaf}@ubu.es

RESUMEN

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una metodología centrada en el estudiante, que tiene como objetivo la adquisición de conocimientos mediante situaciones reales. Este enfoque fomenta la participación, capacidad de resolver problemas y toma de decisiones, permitiendo además una mejor asimilación de los conceptos teóricos. En este contexto, en la asignatura "Edificación" en los grados de Ingeniería Civil y Arquitectura Técnica de la Universidad de Burgos, se planteó un proyecto completo que debían diseñar desde cero: los estudiantes tuvieron que desarrollar una campaña geotécnica para caracterizar el terreno e identificar la solución óptima para la cimentación. Posteriormente, se empleó una metodología multi-enfoque para los cálculos estructurales, basados en una viga de hormigón armado y forjados de viguetas prefabricadas pretensadas. A los estudiantes se les instruyó en la realización manual de los cálculos principales, que verificaron mediante el software CYPE, incluyendo el dimensionado de las armaduras de acero. Finalmente, se aplicó la metodología Building Information Modeling (BIM) utilizando el software REVIT Architecture, para comprender las diversas estrategias de modelado, facilitando así las fases de diseño y construcción del proyecto. Este aprendizaje abarcó no solo aspectos estructurales, sino también la elección de acabados, subrayando su importancia en el resultado final del diseño. Para concluir, los estudiantes presentaron planos estructurales y arquitectónicas relevantes, consiguiendo así una experiencia práctica valiosa al aplicar conocimientos teóricos a casos reales. Gracias a este enfoque integral del proyecto, desde su concepción inicial hasta su conclusión, los estudiantes adquirieron una visión global del proceso de cálculo estructural y diseño arquitectónico aplicado a un edificio real. Además, la integración de cálculos manuales, software especializado y metodología BIM proporcionó a los alumnos un conjunto de competencias completo y muy apreciado en el sector de la construcción.

Palabras clave: *Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP); edificación; metodología multi-enfoque; CYPE; REVIT.*

ABSTRACT

Project-Based Learning (PBL) is a student-centered approach aimed at acquiring knowledge through real-life scenarios. This methodology actively promotes student participation, problem-solving skills, and decision-making, while facilitating a deeper understanding of theoretical concepts. Within this context, the "Building Construction" course in the Civil Engineering and Technical Architecture degrees at the University of Burgos tasked students with a comprehensive project designed entirely from scratch: students were required to conduct a geotechnical investigation to characterize the existing soil and determine the optimal foundation solution for the building. Subsequently, a multi-approach methodology was employed for structural

calculations, specifically focusing on a reinforced concrete beam and a floor system comprising precast, prestressed joists. Students were instructed in manually performing primary calculations, which they verified using CYPE software, including calculations for the steel reinforcement. Finally, students learned to implement Building Information Modeling (BIM) methodology using REVIT Architecture software, allowing them to understand various modeling strategies, thus facilitating the design and construction phases of their project. This learning covered not only structural aspects but also the selection of finishes and materials, emphasizing their importance in the overall design outcome. To conclude, students were required to prepare structural and architectural plans, thereby gaining valuable hands-on experience by applying theoretical knowledge to practical situations. By following this comprehensive approach from initial conception to completion, students gained an integrated understanding of structural calculation and architectural design processes applied to a real building. Furthermore, integrating manual calculations, specialized software, and BIM methodology provided students with a comprehensive and highly valued skill set within the construction industry.

Keywords: *Project-based learning (PBL); building construction; multi-approach methodology; CYPE; REVIT.*

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción y la edificación presenta una alta complejidad debido a su naturaleza multidisciplinar. Requiere la integración efectiva de numerosos campos del conocimiento, así como la colaboración estrecha entre suministradores, proyectistas, promotores, técnicos y clientes para el desarrollo exitoso de cualquier proyecto (A. Papadopoulos et al., 2016). Sin embargo, la enseñanza universitaria actual se está dirigiendo en gran manera hacia la especialización del alumnado en distintas asignaturas con enfoques singulares, lo que a menudo impide comprender la interrelación entre disciplinas y su importancia para la resolución de problemas reales (Butt, 2024; Santamaría, 2020). Además, con la inclusión de mayores cantidades de estudiantes internacionales, en ocasiones se crean barreras relacionadas con diferencias en el idioma, cultura, niveles de autonomía personales, e incluso hábitos de trabajo, lo que hace que se complique la enseñanza tradicional en los campos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AIC) en mayor medida (Butt, 2024; Hoda et al., 2017).

En este contexto, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se presenta como una metodología pedagógica ideal para la formación en campos AIC y STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* – Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) (Mohd Hawari & Mohd Noor, 2020). El ABP es un enfoque pedagógico que promueve la participación del estudiantado y sus capacidades para resolver problemas y de toma de decisiones, que son habilidades clave de cara a escenarios reales (Belwal et al., 2020; Hsu & Wu, 2023), a través de la enseñanza centrada en resolver un proyecto real, aplicando los conocimientos teóricos que se van obteniendo a lo largo de las numerosas asignaturas abarcadas para desarrollar un único proyecto (Sanchez-Romero et al., 2019). Esta metodología ayuda al estudiantado a buscar sus propias soluciones y mejorar su pensamiento crítico para, por ejemplo,complejos proyectos de edificación (Magnus et al., 2020), lo que les impulsa a obtener un conocimiento holístico y a ser capaces de entender todas las fases que deben desarrollar para proyectar un nuevo elemento desde cero.

Para poder entender de manera completa el edificio, se deben aunar, como mínimo, la ingeniería geotécnica, que define el terreno y las condiciones de contorno para la construcción a realizar, la ingeniería civil, que define la solución estructural a tomar en conjunto con las cargas y los materiales resistentes, y la arquitectura y arquitectura técnica, que definen la funcionalidad, acabados e instalaciones de la construcción (Fenton et al., 2016). Entonces, es importante que el estudiantado conozca cada una de estas disciplinas, y sepa desarrollar cada una de ellas para conocer su importancia y la interrelación que tienen, de tal forma que en la vida real pueda saber qué se debe esperar de cada uno de estos roles tan importantes en la construcción (Roy & Bhalla, 2017), y qué necesita cada uno de los otras disciplinas para tener una relación fluida y bien enfocada cuando se esté en fase de proyecto o ejecución de la edificación en cuestión.

Gracias al desarrollo de la tecnología, para implementar todos estos roles en un único lugar, se ha desarrollado la metodología BIM (*Building Information Modeling* – Modelado de Información de Construcción), integrando la geometría espacial, datos geográficos, materiales estructurales y no estructurales, acabados, mediciones, instalaciones y su interacción interdisciplinar. Estas sinergias son realmente importantes para evitar cualquier tipo de problema que se pueda dar durante la ejecución, mejorando la precisión en el diseño, la resolución de conflictos y la sostenibilidad al evitar pérdidas innecesarias (Kennedy et al., 2024). Sin embargo, debido a su gran potencial, en ocasiones su implementación

resulta complicada: se necesita a personal que esté formado en este campo y capacidades organizativas y económicas, y sobre todo, que los técnicos que lo utilicen estén convencidos de que su utilización es beneficiosa para el proyecto final, a pesar de que las primeras fases de su desarrollo sean más complicadas debido al tiempo que hay que dedicar para su modelado inicial (Chan et al., 2019; Farouk et al., 2023).

En la presente comunicación se muestra un ejemplo docente sobe el empleo del ABP para el diseño de una vivienda unifamiliar en la asignatura de *"Edificación"* del Grado en Ingeniería Civil y del Doble Grado en Ingeniería Civil y Arquitectura Técnica de la Universidad de Burgos. Este proyecto comienza por la definición de una campaña geotécnica y, con ella, de la cimentación necesaria basada en Código Técnico de la Edificación (CTE) (Ministerio de Fomento, 2019), para después calcular a mano las acciones y solicitaciones de la estructura siguiendo también el Código Estructural (Ministerio de Fomento, 2021). Tras realizar estos dimensionamientos a mano, se utilizará el programa CYPECAD, desarrollado por CYPE Ingenieros (2025), para reafirmar y aplicar lo aprendido en las clases teóricas y prácticas relativas al cálculo estructural. Por último, se implementará la metodología BIM mediante el modelado de la estructura en conexión entre CYPECAD y REVIT Architecture (Autodesk, 2025), pudiendo así simular toda la estructura, incluidos sus acabados, y generar informes de cálculo y planos tanto estructurales como arquitectónicos.

2. OBJETIVOS

La presente investigación se enmarca en la asignatura de Edificación, correspondiente al tercer curso del Grado en Ingeniería Civil y al cuarto curso del Doble Grado en Ingeniería Civil y Arquitectura Técnica de la Universidad de Burgos. Para esta asignatura, se plantea una vivienda unifamiliar con dos plantas (baja y primera), resuelta mediante un sistema de pilares de 25 cm de lado y forjados unidireccionales de viguetas prefabricadas pretensadas, con casetón perdido de hormigón, de canto total 26+4 cm, de alrededor de 150 metros cuadrados de superficie, la cual se puede ver en la Figura 1. Los objetivos fijados para la presente asignatura y el proyecto propuesto son los siguientes:

- Aplicar conocimientos específicos obtenidos en las clases de teoría en el proyecto, cálculo, construcción y ejecución de una edificación unifamiliar, tanto a mano como utilizando software avanzado (CYPECAD, REVIT).
- Fomentar el aprendizaje autónomo del estudiantado, dándoles las herramientas necesarias para resolver los problemas planteados, pero tendiendo a su resolución independiente.
- Desarrollar habilidades de análisis, síntesis y resolución de problemas, mediante situaciones reales en la ejecución integral del proyecto (Khoiriyah et al., 2015).
- Fomentar la gestión eficaz de información técnica otorgada en el enunciado del problema, optimizando su síntesis y aplicación a las distintas partes del proyecto, además de su integración con las herramientas informáticas específicas.
- Potenciar el entendimiento del trabajo colaborativo interdisciplinar, involucrando a los estudiantes en los distintos roles posibles en un proyecto para que así comprendan la interacción e interdisciplinaridad entre campos, mediante un trabajo individual para facilitar su evaluación acorde a las normativas educativas.
- Estimular la creatividad, iniciativa y adaptación a situaciones reales, promoviendo decisiones innovadoras y fundamentadas técnicamente (Hsu & Wu, 2023).
- Integrar criterios de sostenibilidad y sensibilidad medioambiental en la toma de decisiones del diseño constructivo, aplicando los acabados necesarios y minimizando las pérdidas de materias primas durante la ejecución debido a una planificación efectiva (Kennedy et al., 2024).
- Desarrollar actitudes positivas frente a innovaciones tecnológicas y capacidad crítica de argumentación, mediante la defensa técnica del proyecto a través información recogida en un documento justificativo, a la vez de la generación de información gráfica estructural y arquitectónica (Lin & Mintzes, 2010).



Figura 1. Vivienda de proyecto

3. METODOLOGÍA

Para el presente proyecto, el enunciado fueron los planos de planta de la vivienda (Figura 2) y se requiere que los alumnos realicen, en primer lugar y a mano, el diseño de una campaña geotécnica con la elección de la cimentación más adecuada, además que calculen una de las vigas principales de manera completa: desde el cálculo de las acciones, a las solicitaciones, y al armado siguiendo las normas pertinentes (Ministerio de Fomento, 2021). Después, deberán utilizar el programa CYPECAD para aplicar la formación dada en las clases teóricas y prácticas y resolver la estructura por completo, con todos los armados, listados de justificación, mediciones y generación y maquetación de planos de estructura en AutoCAD. Por último, deberán utilizar la metodología BIM para trasladar la obra generada a REVIT, donde deberán modelar los detalles arquitectónicos referidos a la elección de acabados, como pueden ser los suelos, muros, forjados, escaleras, cubiertas y mobiliario, y la generación de planos de arquitectura del proyecto. Como entregable para justificar el trabajo realizado de cara a la evaluación, se deberá entregar un documento que recoja todas las decisiones tomadas durante los procesos de cálculo a mano y con ayuda de los softwares propuestos, además de los planos de estructura y arquitectónicos necesarios para definir de manera completa el proyecto.

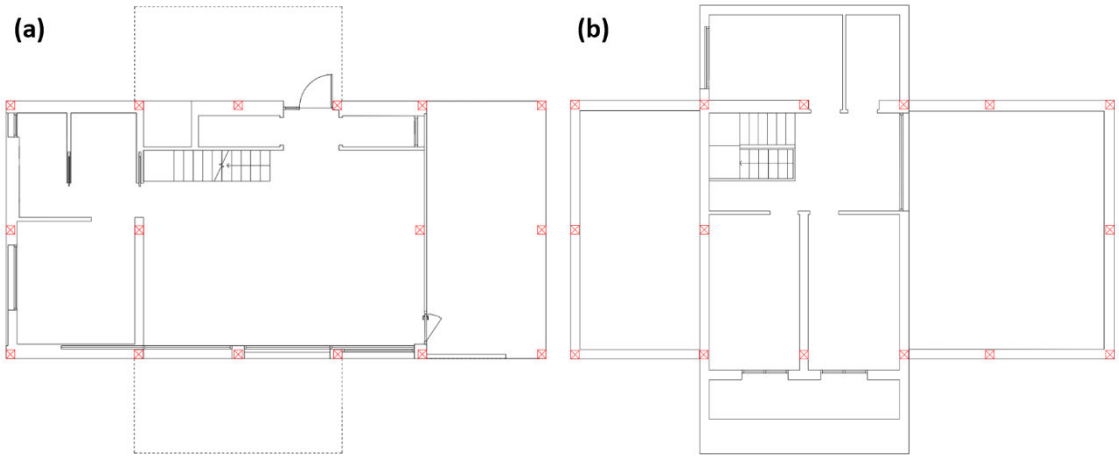


Figura 2. Plantas dadas como enunciado del proyecto: (a) planta baja; (b) planta primera.

La metodología implementada en este estudio ha sido diseñada para maximizar la participación activa del alumnado y reforzar su autonomía en el aprendizaje. El proceso ha estado estructurado en etapas claramente diferenciadas y complementarias, basadas en un enfoque progresivo que combina la resolución de problemas a mano, ya que la labor de un jefe de obra sigue requiriendo de la realización de cálculos rápidos y comprobaciones in situ (Boakye et al., 2023), con el desarrollo de cálculos avanzados y completos, que permite a los estudiantes construir su conocimiento de manera gradual y sólida.

Inicialmente, se utilizaron técnicas basadas en la resolución colaborativa entre el alumnado y los docentes de problemas reales, habituales en el entorno de la construcción. Durante esta fase, se incorporaron sesiones específicas teóricas para después tener debates guiados, tutorías grupales y ejercicios prácticos destinados a estimular el pensamiento crítico y analítico del estudiantado, tratando de que entiendan cómo funcionan las estructuras, la transmisión de cargas hasta la cimentación y su interacción con el terreno y las funciones de cada uno de los elementos constructivos. En la segunda etapa, centrada en los cálculos estructurales

complejos, los estudiantes no solo validaron sus resultados obtenidos durante el cálculo y predimensionamiento previo, sino que además fueron conscientes de las implicaciones prácticas y limitaciones de cada método. Este enfoque comparativo permitió reforzar la adquisición de competencias transversales como la capacidad de análisis crítico, autonomía en la toma de decisiones y competencia en el manejo y validación de información técnica (Jabarullah & Iqbal Hussain, 2019).

Para la implementación de la metodología BIM, se optó por una enseñanza eminentemente práctica y orientada al proyecto. La introducción a REVIT se realizó mediante talleres interactivos, donde los alumnos exploraron distintas estrategias de modelado tridimensional, gestión de información constructiva y resolución de conflictos entre decisiones puramente de cálculo y los acabados y finalidad de los elementos arquitectónicos. Esta metodología fomentó una aproximación al aprendizaje basada en la experimentación, la corrección inmediata de errores y la iteración constante, generando un contexto de aprendizaje dinámico y altamente participativo. Finalmente, la evaluación integral de la metodología incluyó tanto la entrega formal del trabajo realizado como un documento justificativo técnico y gráfico, en el que el estudiantado defendió y argumentó técnicamente sus decisiones ante los docentes, como en un proyecto real del campo. Este enfoque metodológico práctico, claramente estructurado y progresivo, facilitó que los estudiantes vivieran una experiencia completa de aprendizaje, integrando competencias técnicas y habilidades profesionales fundamentales en el ámbito de la edificación.

4. DESARROLLO

Para el presente proyecto, con la intención de que el alumnado entendiera de manera completa el funcionamiento de una edificación real, se utilizó un esquema de desarrollo ascendente: primero cimentación, después estructura, y por último acabados. En primer lugar, se utilizó el CTE – Documento Básico – Seguridad Estructural – Cimientos (CTE-DB-SE-C) (Ministerio de Fomento, 2019) para diseñar la campaña geotécnica que se debía realizar, siguiendo los criterios de las tablas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 del mencionado documento. Se obtuvo una campaña geotécnica que consistiría en una calicata, dos penetraciones dinámicas y un sondeo, y según las características y resistencia del terreno la cimentación elegida fueron zapatas aisladas, siendo la cimentación habitual en viviendas unifamiliares sin sótano ni nivel freático cercano. Sin embargo, las zapatas en el lado este de la edificación estaban pegadas al borde de la parcela, teniendo que recurrir a zapatas medianeras acompañadas por vigas riostras atadas a otras zapatas para equilibrar las solicitaciones, como se puede observar en la Figura 3. El resto de las zapatas aisladas fueron unidas mediante vigas de atado, asegurando el monolitismo y los movimientos solidarios entre elementos.

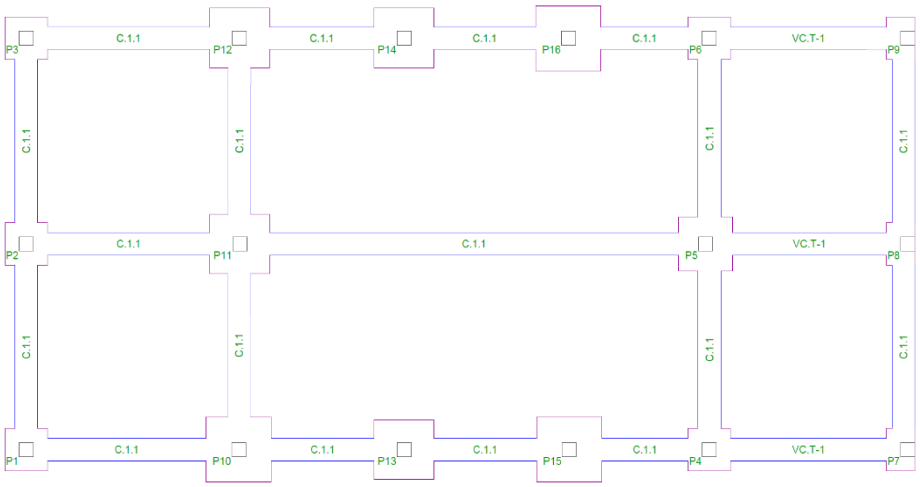


Figura 3. Cimentación adoptada.

La siguiente fase del proceso fue el cálculo a mano de los elementos seleccionados, que fue una de las crujías centrales del forjado, formada por dos voladizos extremos y tres vanos interiores, materializando el techo de la planta baja y los balcones ubicados en las habitaciones de la primera planta. En primer lugar, se recurrió a la determinación de las cargas necesarias para el cálculo de los elementos, usando el CTE – Documento Básico – Seguridad Estructural – Acciones en la Edificación (CTE-DB-SE-AE) y el Código Estructural (Ministerio de Fomento, 2009, 2021). A continuación, se hizo un predimensionamiento del canto mínimo del forjado, para después proceder a calcular las solicitaciones de la crujía del forjado. Se determinaron las

combinaciones de acciones pésimas y las leyes de esfuerzos usando el método de las rótulas plásticas para una viga hiperestática (Soro Oroz & Serrano-López, 2019), unificando conocimientos de asignaturas anteriores de Teoría de Estructuras y Mecánica a un caso real. Por último, se calculó la envolvente de los esfuerzos y el decalaje de la ley de momentos para el cálculo de las viguetas pretensadas a disponer (según momentos flectores y catálogo de distintos fabricantes proporcionado por los docentes de la asignatura), además de los nervios para momentos negativos del forjado, que se puede ver en la Figura 4.

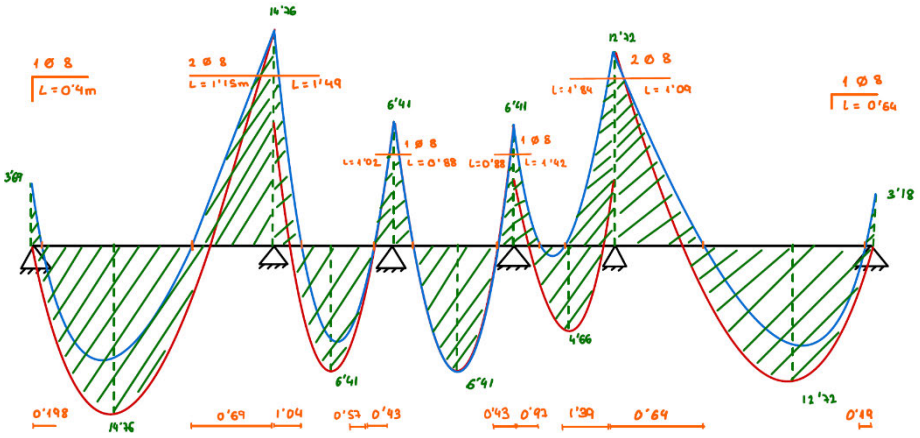


Figura 4. Cálculos a mano de solicitaciones y armados.

Para la tercera fase, se implementó el software estructural de CYPECAD, el cual permitió realizar la justificación y cálculo de los elementos resistentes de la edificación, además de calcular los armados y mediciones de todo el proyecto. Para ello, se modeló la estructura de la vivienda unifamiliar, con la cimentación y las vigas de atado y riostras determinadas en la primera fase de la asignatura. Después, se continuó mediante el modelado de los pilares de la estructura, explicando la necesidad de algunos de los pilares de llegar hasta el techo de la primera planta y otros hasta el forjado de techo de baja, aprovechando para explicar los criterios de ejecución y las esperas de las armaduras hacia plantas superiores, y como introducir las especificaciones necesarias en el programa de cálculo. Después, se introdujeron los datos de las crujías y los forjados, materializando los voladizos y los huecos de la escalera y pasos de instalaciones, determinantes para una correcta funcionalidad del conjunto.

Tras esta fase de modelado con el programa, se hizo el cálculo y las comprobaciones pertinentes, tanto de todos los Estados Límite Últimos como Estados Límite de Servicio de toda la estructura, modificando cuando necesario, aplicando conocimientos de materiales de Hormigón Armado y Prefabricado:

- Cimentación: el alumnado tuvo que comprobar tanto las verificaciones de hundimiento, deslizamiento y vuelco para determinar las dimensiones de las zapatas aisladas y vigas, como los armados de todos estos elementos.
- Pilares: verificaciones necesarias respecto a criterios de aplicación, determinando la geometría de los pilares, que resultaron ser todos cuadrados de 25 centímetros de lado, como las armaduras longitudinales y cercos. El resultado del cálculo de un pilar tras estas comprobaciones se puede observar en la Figura 5a.
- Crujías: debido a la variedad de vigas, los alumnos debieron entender las diferencias estructurales entre crujías, voladizos, brochales y vigas continuas, para poder así determinar la sección que se adaptaba a las necesidades particulares de cada elemento. Además, debieron entender las distintas solicitaciones para poder armar de manera correcta, cumpliendo los criterios de flecha máxima en las puntas de los voladizos, que fueron los más restrictivos para estos cálculos. El resultado del armado de una crujía se puede ver en la Figura 5b.
- Forjados: según las solicitaciones, se encajan los forjados con los catálogos de viguetas prefrabicadas pretensadas proporcionados por los docentes e integrados en el programa, y se calculan las armaduras de los negativos localizados en la capa de compresión, además de encajar las viguetas y el intereje que cumpla todas las restricciones pertinentes. Además, se realizaron todas las verificaciones correspondientes a esfuerzos cortantes.

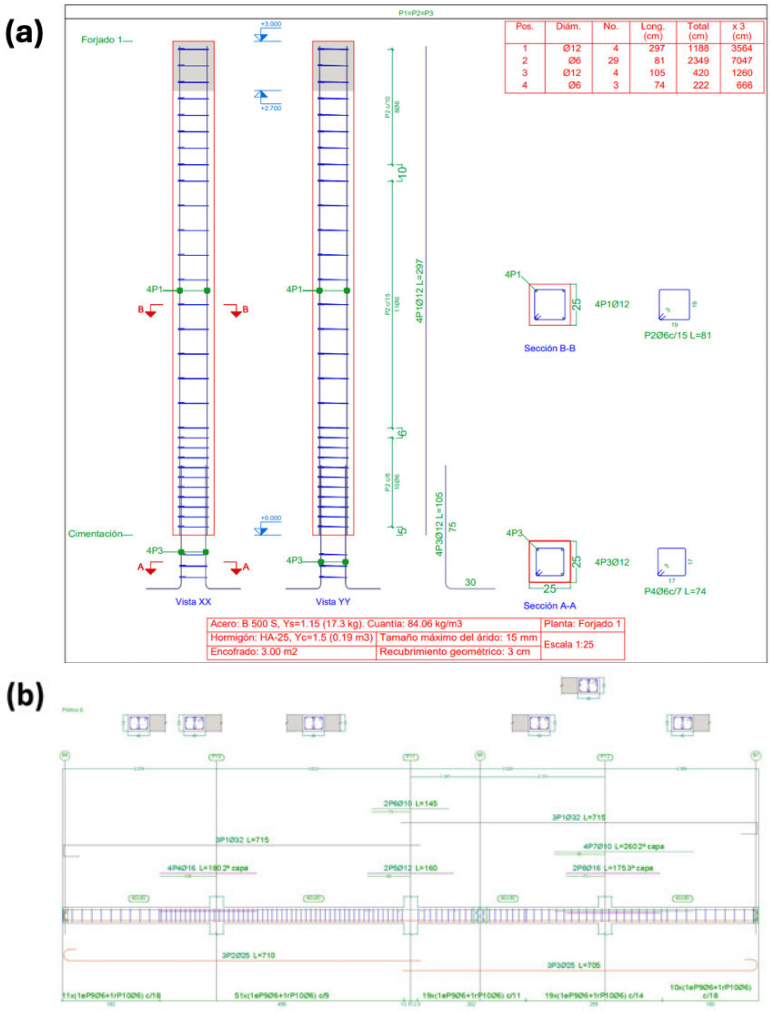


Figura 5. Armados calculados en CYPECAD: (a) pilar; (b) crujía.

Tras la verificación y comprobación de todos los elementos resistentes según las normativas de aplicación, se procede a la generación de la documentación justificativa de todas las decisiones tomadas, anejos de cálculo y generación de información gráfica. Para ello, el alumnado tuvo que generar un documento en el cual se recogieran los datos generales de la obra, como fueron las acciones consideradas, comprobaciones de resistencia al fuego, hipótesis de carga y coeficientes de combinación para las distintas situaciones de proyecto, datos geométricos de la estructura, materiales y requisitos de los elementos resistentes, y comprobaciones estructurales tanto de cimentación, como de pilares, vigas y forjados, con las mediciones necesarias para la definición completa de la estructura de la edificación. Respecto a los planos, para la definición precisa y completa de los elementos que permitan su ejecución, se trabajó con distintas escalas y tipos de planos, con los detalles necesarios y cuadros de materiales pertinentes para cada uno. Se incluyeron planos de despiece de cimentación, despiece de pilares, despiece de vigas, viguetas de forjado y armado de negativos por forjado.

Como última fase dentro del proceso del proyecto, se implementó la metodología BIM para, a partir del modelado estructural y la información dentro de ese modelo, generar los planos arquitectónicos del proyecto usando REVIT. Para ello, se enlazaron ambos proyectos, pudiendo así migrar toda la información de materiales y características de armado de los elementos resistentes a este nuevo entorno de trabajo, y así aprovechar el modelo geométrico realizado para acelerar este proceso, similar al procedimiento habitual en el mundo real del cálculo y proyecto de edificaciones.

En el programa de REVIT, en primer lugar, se hizo una introducción del espacio de trabajo, ya que es complejo y tiene mucha información disponible, en ocasiones dificultando los pasos iniciales. Tras las explicaciones previas sobre los rangos de vistas, niveles de detalle, diferencias entre jerarquía de visualización y rangos de elementos, familias, categorías, etc. se comenzó el modelado arquitectónico de la edificación.

Para ello, los alumnos debieron entender la diferencia entre los elementos estructurales y los no estructurales, definiendo así las distintas capas y elementos que iban a formar parte de los suelos, muros exteriores y tabiquería. Además, se llevó a cabo el modelado de una escalera y sus barandillas, haciendo entender al alumnado la importancia de estos criterios arquitectónicos y el efecto que tienen dentro de la propia estructura, en conjunto con la carpintería definida por los docentes y la introducción de mobiliario en el modelo, haciendo el proyecto más visual y sencillo de entender para aquellas personas no técnicas que quieran hacerse una idea de los espacios disponibles. Como última fase, se procedió a la elaboración de planos y procesos de etiquetado automático y generación/delimitación de habitaciones por parte del programa, como se puede ver en la Figura 6a, donde quedan definidas las áreas en la planta baja y planta primera, en conjunto con una sección con un nivel de detalle alto en la Figura 6b, pudiendo simular una vista espacial del acabado final de la vivienda, unificando los elementos arquitectónicos, estructurales y el mobiliario que se puede disponer.

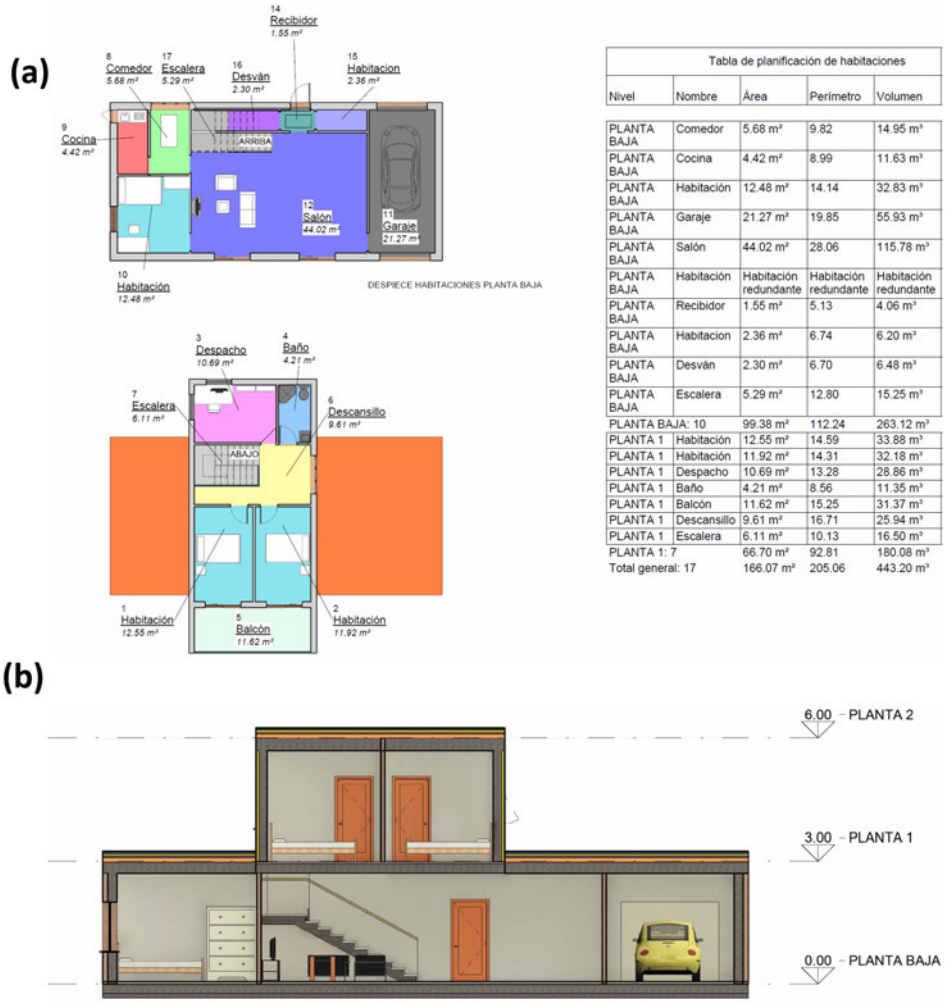


Tabla de planificación de habitaciones

Nivel	Nombre	Área	Perímetro	Volumen
PLANTA BAJA	Comedor	5.68 m²	9.82	14.95 m³
PLANTA BAJA	Cocina	4.42 m²	8.99	11.63 m³
PLANTA BAJA	Habitación	12.48 m²	14.14	32.83 m³
PLANTA BAJA	Garaje	21.27 m²	19.85	55.93 m³
PLANTA BAJA	Salón	44.02 m²	28.06	115.78 m³
PLANTA BAJA	Habitación	Habitación redundante	Habitación redundante	Habitación redundante
PLANTA BAJA	Recibidor	1.55 m²	5.13	4.06 m³
PLANTA BAJA	Habitacion	2.36 m²	6.74	6.20 m³
PLANTA BAJA	Desván	2.30 m²	6.70	6.48 m³
PLANTA BAJA	Escalera	5.29 m²	12.80	15.25 m³
PLANTA BAJA: 10		99.38 m²	112.24	263.12 m³
PLANTA 1	Habitación	12.55 m²	14.59	33.88 m³
PLANTA 1	Habitación	11.92 m²	14.31	32.18 m³
PLANTA 1	Despacho	10.69 m²	13.28	28.86 m³
PLANTA 1	Baño	4.21 m²	8.56	11.35 m³
PLANTA 1	Balcón	11.62 m²	15.25	31.37 m³
PLANTA 1	Descansillo	9.61 m²	16.71	25.94 m³
PLANTA 1	Escalera	6.11 m²	10.13	16.50 m³
PLANTA 1: 7		66.70 m²	92.81	180.08 m³
Total general: 17		166.07 m²	205.06	443.20 m³

Figura 6. Planos arquitectónicos de REVIT: (a) Plantas y cuadro de superficies; (b) sección.

Como información para los estudiantes y fuera del presente trabajo académico, también se les explicó en un taller didáctico de una hora la posibilidad y complejidad de la generación de tablas en el espacio de trabajo de REVIT, pudiendo así aprender lo básico para poder generar mediciones directamente desde este programa, por motivos de extensión y créditos de la propia asignatura. Con esta metodología, se fomentó así la curiosidad y el aprendizaje autónomo, ya que les dirigió hacia la posibilidad de generar tablas de mediciones de carpintería con información detallada (número de elementos, dimensiones, referencias, requisitos, etc.), mediciones de materiales de obra, superficies, perímetros y muchos más elementos, facilitando el proceso de medición y presupuesto del proyecto, dándoles la visión completa del ámbito económico del proyecto.

5. CONCLUSIONES

Para la asignatura de "Edificación" de la Universidad de Burgos, enmarcada en Grado en Ingeniería Civil y el Doble Grado en Ingeniería Civil y Arquitectura Técnica, se propuso una metodología pedagógica innovadora llamada Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Para ello, el alumnado tuvo que resolver desde cero una vivienda unifamiliar de planta baja y primera, teniendo que afrontar el cálculo y dimensionamiento de esta edificación, combinando la resolución manual con la utilización de software informático (CYPECAD y REVIT Architecture), para definir de manera satisfactoria toda la documentación justificativa de un proyecto real de este campo del conocimiento. Las siguientes conclusiones fueron obtenidas del proceso:

- El alumnado pudo comprender el trabajo de un ingeniero geotécnico en una campaña de reconocimiento del terreno y definición de la cimentación, entendiendo los datos necesarios de partida que se deben de obtener para las fases de encargo y ejecución de estos procesos.
- El alumnado entendió a la perfección el rol del proyectista y calculista dentro de una edificación, viendo los pasos que hay que seguir para cumplir todos los requisitos funcionales y estructurales de la vivienda. Además, se enfocó el trabajo en comprender la importancia de este paso intermedio, que venía definido totalmente a través de las fases previas, permitiendo percibir al alumnado el proceso de descenso de cargas a través de forjados, vigas, pilares y cimentación, además de la influencia directa que tiene sobre la funcionalidad y habitabilidad en las fases posteriores.
- El rol del arquitecto técnico quedó resaltado dentro de las fases finales del proyecto, dando funcionalidad a la estructura y haciendo que el proyecto sea útil para un usuario potencial, teniendo una relación viva con todas las fases previas que quedan expresadas en un acabado final y la definición de instalaciones que hacen posible la vida en esta edificación.

Como conclusión final, los autores han de decir que el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) dio vitalidad y dinamismo al proceso docente, haciendo que el alumnado pudiera participar activamente en las clases y pudiera conseguir cumplir los objetivos propuestos por los docentes sin ser plenamente conscientes de ello, al estar involucrados en las tomas de decisiones, en el cálculo y en el modelado de todo el proceso mediante talleres interactivos. Esto fue reflejado en las encuestas realizadas por la Universidad de Burgos sobre los docentes, al final del semestre lectivo y antes de las pruebas de evaluación, obteniendo resultados por encima de la media del curso, titulación, departamento, centro y universidad en todos los campos (satisfacción general, materiales de la asignatura, carga de trabajo, organización y desarrollo, motivación, evaluación continua y aprendizaje) para esta asignatura de "Edificación". El ABP ha resultado ser una herramienta pedagógica muy potente para su utilización en los campos AIC y STEAM, ayudando a los estudiantes a comprender de manera completa y sencilla los procesos complejos e interdisciplinares que se dan en su campo del conocimiento, y fomentando su motivación por el aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. Papadopoulos, G., Zamer, N., P. Gayialis, S., & P. Tatsiopoulos, I. (2016). Supply Chain Improvement in Construction Industry. Universal Journal of Management, 4(10), 528–534. https://doi.org/10.13189/ujm.2016.041002

Autodesk. (2025). REVIT for Architecture. BIM tools for achitects. https://www.autodesk.com/products/revit/architecture

Belwal, R., Belwal, S., Sufian, A. B., & Al Badi, A. (2020). Project-based learning (PBL): outcomes of students' engagement in an external consultancy project in Oman. Education + Training, 63(3), 336–359. https://doi.org/10.1108/ET-01-2020-0006

Boakye, M., Adanu, S. K., Adu-Gyamfi, C., Asare, R. K., Asantewaa-Tannor, P., Ayimah, J. C., & Agbosu, W. K. (2023). A Relative Importance Index Approach to On-Site Building Construction Workers' Perception of Occupational Hazards Assessment. La Medicina Del Lavoro, 114(3), e2023024. https://doi.org/10.23749/mdl.v114i3.14240

Butt, A. N. (2024). Transdisciplinary education for reducing environmental impact of AEC industry. Transdisciplinary Journal of Engineering & Science, 15. https://doi.org/10.22545/2024/00263

Chan, D. W. M., Olawumi, T. O., & Ho, A. M. L. (2019). Critical success factors for building information modelling (BIM) implementation in Hong Kong. Engineering, Construction and Architectural Management, 26(9), 1838–1854. https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2018-0204

CYPE Ingenieros. (2025). CYPECAD. Información detallada. https://info.cype.com/es/producto/cypecad/

Farouk, A. M., Zulhisham, A. Z., Lee, Y. S., Rajabi, M. S., & Rahman, R. A. (2023). Factors, Challenges and Strategies of Trust in BIM-Based Construction Projects: A Case Study in Malaysia. Infrastructures, 8(1), 13. https://doi.org/10.3390/infrastructures8010013

Fenton, G. A., Naghibi, F., Dundas, D., Bathurst, R. J., & Griffiths, D. V. (2016). Reliability-based geotechnical design in 2014 Canadian Highway Bridge Design Code. Canadian Geotechnical Journal, 53(2), 236–251. https://doi.org/10.1139/cgj-2015-0158

Hoda, R., Babar, M. A., Shastri, Y., & Yaqoob, H. (2017). Socio-Cultural Challenges in Global Software Engineering Education. IEEE Transactions on Education, 60(3), 173–182. https://doi.org/10.1109/TE.2016.2624742

Hsu, C.-Y., & Wu, T.-T. (2023). Applications of Business Simulation Games in Flipped Classrooms to Facilitate Student Engagement and Higher-Order Thinking Skills for Sustainable Learning Practices. https://doi.org/10.20944/preprints202311.0082.v1

Jabarullah, N. H., & Iqbal Hussain, H. (2019). The effectiveness of problem-based learning in technical and vocational education in Malaysia. Education + Training, 61(5), 552–567. https://doi.org/10.1108/ET-06-2018-0129

Kennedy, G. W., Sunday, S. E., Pandey, D., Kabari, A. D., Pandey, B. K., George, A. S., & Dadheech, P. (2024). Building Information Modeling (pp. 305–331). https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1335-0.ch015

Khoiriyah, U., Roberts, C., Jorm, C., & Van der Vleuten, C. P. M. (2015). Enhancing students' learning in problem based learning: validation of a self-assessment scale for active learning and critical thinking. BMC Medical Education, 15(1), 140. https://doi.org/10.1186/s12909-015-0422-2

Lin, S.-S., & Mintzes, J. J. (2010). LEARNING ARGUMENTATION SKILLS THROUGH INSTRUCTION IN SOCIOSCIENTIFIC ISSUES: THE EFFECT OF ABILITY LEVEL. International Journal of Science and Mathematics Education, 8(6), 993–1017. https://doi.org/10.1007/s10763-010-9215-6

Magnus, D. de M., Carbonera, L. F. B., Pfitscher, L. L., Farret, F. A., Bernardon, D. P., & Tavares, A. A. (2020). An Educational Laboratory Approach for Hybrid Project-Based Learning of Synchronous Machine Stability and Control: A Case Study. IEEE Transactions on Education, 63(1), 48–55. https://doi.org/10.1109/TE.2019.2956909

Ministerio de Fomento. (2009). Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad estructural. Acciones en la Edificación.

Ministerio de Fomento. (2019). Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad estructural. Cimientos.

Ministerio de Fomento. (2021). Código Estructural de España.

Mohd Hawari, A. D., & Mohd Noor, A. I. (2020). Project Based Learning Pedagogical Design in STEAM Art Education. Asian Journal of University Education, 16(3), 102. https://doi.org/10.24191/ajue.v16i3.11072

Roy, S., & Bhalla, S. K. (2017). Role of geotechnical properties of soil on civil engineering structures. Resources and Environment, 7(4), 103–109. https://doi.org/10.5923/j.re.20170704.03

Sanchez-Romero, J. L., Jimeno-Morenilla, A., Pertegal-Felices, M. L., & Mora-Mora, H. (2019). Design and Application of Project-Based Learning Methodologies for Small Groups Within Computer Fundamentals Subjects. IEEE Access, 7, 12456–12466. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2893972

Santamaría, G. del C. (2020). Complexity and Transdisciplinarity: The Case of Iconic Urban Megaprojects. Transdisciplinary Journal of Engineering & Science, 11. https://doi.org/10.22545/2020/0131

Soro Oroz, A., & Serrano-López, R. (2019). Resistencia de materiales y teoría de estructuras. Ejercicios y problemas resueltos. Editorial Universidad de Burgos.

APRENDIZAJE-SERVICIO EN LA ASIGNATURA DE MANTENIMIENTO: FOMENTANDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN CENTRO DE EDUCACIÓN PARA ADULTOS EN MADRID

SERVICE-LEARNING IN MAINTENANCE: ENCOURAGING ENERGY EFFICIENCY AT AN ADULT EDUCATION CENTRE IN MADRID

Alicia Zaragoza-Benzal[(1)], Alexandra Míguez Souto[(2)], Alberto Leal Matilla[(1)], Daniel Ferrández[(1)]

[1] Universidad Politécnica de Madrid. Instituto de Ciencias de la Educación. Madrid, España, correo-e: alicia.zaragoza@upm.es; daniel.fvega@upm.es; alberto.leal.matilla@upm.es
[2] Universidad Politécnica de Madrid. Instituto de Ciencias de la Educación. Madrid, España, correo-e: alexandra.miguez@upm.es

RESUMEN

La incorporación de la metodología Aprendizaje-Servicio (APS) en las titulaciones de Graduado en Edificación permite establecer conexiones entre la formación técnica y el compromiso social. Se trata de una herramienta docente que impulsa el aprendizaje práctico, la concienciación ciudadana del estudiantado e impulsa el trabajo en equipo para la resolución de problemas concretos del ámbito profesional. Así, los contenidos aprendidos en el aula encuentran su aplicación en situaciones reales, siendo de gran utilidad para la sociedad especialmente en cuestiones vinculadas a la sostenibilidad y eficiencia energética de las edificaciones. Este trabajo se desarrolla en el contexto de la asignatura de Mantenimiento (Grado en Edificación, 8º Semestre, 3 ECTS) de la Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid (ETSEM). Para ello, se ha propuesto al alumnado realizar una experiencia de APS durante el cuatrimestre con un peso del 40% sobre la asignatura, reemplazando así al tradicional trabajo grupal. El profesorado ha contactado con un Centro de Educación para Adultos (CEPA) de la Comunidad de Madrid que presentaba la necesidad de renovar su fachada e instalaciones. Esta experiencia se desarrolló en los cursos académicos 2023-24 y 2024-25, donde los estudiantes tuvieron la oportunidad de visitar un edificio real dentro del histórico Barrio de Salamanca, para desarrollar su trabajo e impulsar la mejora del centro educativo. Los resultados fueron muy positivos, ya que los estudiantes se vieron involucrados en un caso práctico y aumentó su motivación e implicación, realizando trabajos de un alto nivel para la asignatura. Por otra parte, se observó una buena integración de los alumnos del CEPA en el proyecto, mejorando la situación del edificio original con el compromiso de todos los estudiantes. Se puede concluir que la aplicación de este tipo de experiencias permite mejorar la calidad de la docencia tradicional y anima a los estudiantes a esforzarse y buscar soluciones originales a problemas reales de la sociedad.

Palabras clave: *Aprendizaje-Servicio, Mantenimiento, Eficiencia Energética, Centro de Educación para Adultos (CEPA), Grado en Edificación.*

ABSTRACT

The inclusion of the Service-Learning methodology (S-L) in the Bachelor's Degree in Building allows connections to be established between technical training and social commitment. It is a teaching tool that promotes practical learning, the students' civic awareness and encourages teamwork to solve specific problems in the professional field. Thus, the contents learned in the classroom find their application in real situations, being of great use to society, especially in issues related to sustainability and energy efficiency of buildings. This work is developed in the context of the subject of Maintenance (Degree in Building, 8th Semester, 3 ECTS) of the Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid (ETSEM). For this purpose, it has

been proposed to the students to carry out a S-L experience during the four-month period with a weight of 40% of the subject, thus replacing the traditional group work. The teaching team has contacted an Adult Education Centre (CEPA) in Madrid that needed to renovate its façade and facilities. This experience was developed in the academic years 2023-24 and 2024-25, where students had the opportunity to visit a real building in the historic Barrio de Salamanca, to develop their work and promote the improvement of the educational centre. The results were highly positive, as the students were involved in a case study and their motivation and involvement increased, producing high-level work for the subject. On the other hand, a good integration of the CEPA students in the project was observed, improving the situation of the original building with the commitment of all students. It can be concluded that the application of this type of experience improves the quality of traditional education and encourages students to make an effort and look for original solutions to real problems in society.

Keywords: *Service-Learning, Maintenance, Energy Efficiency, Adult Education Centre, Degree in Building.*

1. INTRODUCCIÓN

El Aprendizaje-Servicio (APS) forma parte del conjunto de metodologías activas que pretenden transformar la educación para el siglo XXI. Este enfoque innovador combina el aprendizaje en entornos académicos con la prestación de un servicio solidario orientado a satisfacer las necesidades reales de la comunidad (Meyers, 2009). De esta manera, esta metodología permite al estudiante aplicar de una forma práctica los conocimientos adquiridos durante el curso, y contribuir con sus acciones a la mejora y desarrollo del entorno urbano del que forma parte. Por este motivo, cada ver más, en el contexto universitario el APS se ha integrado dentro de las diferentes asignaturas y perfiles técnicos, ya que entre sus ventajas destacan: el fomento del compromiso social, el pensamiento crítico y el desarrollo de competencias profesionales (Ferrández et al., 2020). Con su implementación, se fortalece el vínculo entre la universidad y la sociedad, orientando a los futuros egresados hacia la resolución de problemas vinculados con su posterior actividad profesional. De esta manera, se promueve una formación integral del futuro personal técnico y de ingeniería, integrando a partes iguales excelencia académica y responsabilidad ciudadana (Pérez & Ochoa, 2017).

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) no es ajena al contexto social del momento y trata de atender a las diferentes realidades y necesidades de su entorno, contribuyendo a través de la investigación y la formación para ofrecer una respuesta actualizada a las diferentes enseñanzas técnicas que integra. En este sentido, se entiende al APS como una filosofía de aprendizaje y buen hacer que enriquezca al estudiante y ayude a mejorar la sociedad. Además, se ha convertido en una herramienta de gran utilidad para alinear la educación hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y convertir así la sensibilización en compromiso (Batlle, 2019). En este sentido, en su guía de aplicación, se definen varios elementos básicos que deben tener lugar para su implementación en contextos universitarios (Guía APS-UPM, 2021):

- *Colaboración con entidades*: esto es, buscar organizaciones donde ofrecer un servicio en base a una necesidad existente detectada y real. Conviene establecer convenios de colaboración bidireccionales.
- *Proyecto*: donde se definan las actividades a realizar y aprendizajes que se logran con el mismo. Debe incluir agentes responsables y métodos de evaluación.
- *Planificación*: definiendo el horizonte temporal, estructura y organización de recursos y espacios, incluyendo líneas prioritarias y actividades clave.
- *Cooperación y compromiso*: tanto del profesorado, como del alumnado implicado en las actuaciones. Requiere de la aplicación de los conocimientos y habilidades en contextos reales. El APS es más exitoso cuando los estudiantes se implican desde los inicios en los planteamientos.
- *Evaluación*: como última etapa para conocer el grado de adquisición de las competencias definidas y de los conocimientos explicados. Debe incluir una reflexión sobre las actuaciones realizadas, autoevaluación y propuestas de mejora continuada.

En este contexto, desde la Universidad Politécnica de Madrid, se vienen realizando actividades vinculadas a la metodología APS desde los últimos años, muchas de las cuales se recogen en un libro de buenas prácticas. Algunas de las experiencias más relevantes que guardan relación con este trabajo son (Universidad Politécnica de Madrid, 2025):

- (Aguilera-Benito et al., 2025): Experiencia que muestra la importancia de llevar a cabo un consumo responsable del agua potable en las ciudades. Este proyecto incluye una colaboración la fundación Down Madrid e integra aprendizaje universitario y no universitario.

- (Baquero Arenal et al., 2025): Desde un enfoque social, se impulsa un estudio de alternativas eficientes para reducir la pobreza energética en zonas marginales de la Comunidad de Madrid.
- (Calderón Guerrero et al., 2025): Se implementa una nueva acción de Aprendizaje-Servicio con estudiantes de la Universidad Politécnica de Madrid en el entorno escolar del CEIP Fernández Moratín, del Municipio de Madrid, con el objetivo de integrar la naturaleza en el centro e involucrar a estudiantes de arquitectura y del colegio implicado.

Así, esta contribución tiene como objetivo mostrar una experiencia de APS llevada a cabo en la E.T.S. de Edificación de Madrid durante los cursos 2023-24 y 2024-25. Para ello, se contextualiza en primer lugar la experiencia, se describen las etapas empleadas para su desarrollo y se muestra su temporalización a lo largo de un curso académico. Posteriormente, se muestran los criterios de evaluación empleados y resultados más relevantes, ofreciendo así un marco de referencia para futuros docentes interesados en la aplicación de esta metodología APS en contextos universitarios.

2. METODOLOGÍA

2.1 Contextualización

Este proyecto se ha desarrollado a lo largo de los cursos académicos 2023-24 y 2024-25 en el contexto de dos asignaturas, una del Grado en Edificación de la ETSEM y otra de Educación Secundaria Obligatoria en el CEPA Joaquín Sorolla. En la Tabla 1 se muestran las características de ambas asignaturas implicadas.

Tabla 1. Características de las asignaturas implicadas en la experiencia APS

Asignatura Universitaria	Asignatura Preuniversitaria
Nombre: Mantenimiento de Edificios	**Nombre**: Tecnología
Curso: Cuarto (2º Semestre)	**Curso**: Tercero (2º Trimestre y 3º Trimestre)
Dedicación: 3 ECTS (2 h/semana presenciales)	**Dedicación**: 2 h/semana presenciales
Duración del curso: 15 semanas (febrero – mayo)	**Duración de la actividad**: 15 semanas (febrero – mayo)

Por otra parte, el profesorado implicado en esta propuesta está constituido de una parte, por docentes de la E.T.S. de Edificación, con y sin vinculación directa con la asignatura. Este punto es importante, ya que los docentes que no imparten docencia directamente en la materia aportan un enfoque multidisciplinar a esta experiencia y contribuyen con su enfoque al enriquecimiento del proyecto. Por otro lado, se cuenta con la ayuda del profesorado del CEPA Joaquín Sorolla y del equipo directivo, implicados en la iniciativa desde la concepción del proyecto, facilitadores de recursos e instalaciones y docentes en las asignaturas de E.S.O. El equipo constituido se muestra en la Figura 1(a).

En lo que se refiere al alumnado (Figura 1(b)), se engloban dos perfiles bien diferenciados. Por un lado, estudiantes universitarios de últimos cursos, esto es, profesionales que están a punto de salir al mercado laboral y con amplia experiencia en el estudio del sector de la edificación. Por otra parte, alumnado del CEPA, esto es, personas en edad adulta que no terminaron la E.S.O. en su etapa escolar o no tuvieron la oportunidad de hacerlo, y que han decidido continuar su formación como adultos con el objetivo de adquirir el título y, muchos de ellos, de continuar sus estudios de formación profesional o incluso bachillerato.



(a) (b)

Figura 1. Ecolideres2025. (a) Profesorado implicado en la propuesta; (b) Alumnado implicado.

2.2 Descripción y planificación de la propuesta

Este proyecto surge tras la identificación de las siguientes necesidades:

- *Necesidades Cívicas*: Falta de concienciación social entre la ciudadanía en lo que respecta a la gestión medioambiental y la utilización eficiente de los recursos naturales y energéticos. Falta de implicación/motivación por parte del alumnado del centro receptor para transformar su entorno social y hacer del barrio de Salamanca un lugar más sostenible y ser motor de cambio en el vecindario.
- *Necesidades Culturales*: Necesidad de concienciar a la comunidad educativa del centro y a las personas del entorno, de la importancia de llevar a cabo un uso responsable de los recursos y la energía. Necesidad de formar a los futuros egresados en Edificación con una mirada más crítica de su entorno social, aprendiendo a escuchar a las personas implicadas en el proyecto y trabajando en conjunto con vecinos/as del barrio implicado para buscar soluciones a los problemas planteados. Con ello, se pretende ampliar la mirada y formar ciudadanos más responsables, así como transmitir valores de responsabilidad social.
- *Necesidades Económicas*: Las ideas que se generen y las medidas energéticas que se planteen, pueden suponer un punto de partida para posteriores trabajos de rehabilitación que permitan reducir el consumo energético del centro.
- *Necesidades Políticas*: Tanto la UNESO, en su apoyo a una Educación Sostenible, como las propias normativas estatales y europeas vinculadas a la mitigación del cambio climático y el mejor aprovechamiento de los recursos, han sido un punto clave para lanzar esta propuesta.

Con todo ello, se formuló la pregunta clave: ¿Cómo podemos transformar el CEPA Joaquín Sorolla en un modelo de sostenibilidad y eficiencia energética dentro del Distrito de Salamanca y contribuir al cuidado del medio ambiente local? En base a esta idea, se realizó una planificación por etapas que permitiera dar respuesta y satisfacer las necesidades encontradas.

Las etapas en las que se puede desglosar esta propuesta se describen a continuación:

(a) Preparación

Etapa 1: elaborar el borrador de la propuesta. (junio – octubre)

- ✓ Definir el punto de partida en contacto con la entidad receptora.
- ✓ Analizar el conjunto del grupo y sus integrantes. Determinando las personas que se verán implicadas en la propuesta.
- ✓ Definir las acciones de servicio socialmente necesario en conjunto con el CEPA Joaquín Sorolla.
- ✓ Establecer los aprendizajes vinculados al servicio, analizando que competencias clave se trabajan y cómo se pueden medir.

Etapa 2: establecimiento de relaciones con entidades sociales. (noviembre - diciembre)

- ✓ Identificar a las entidades con las que colaborar. En este punto, se apuesta por los posibles canales de difusión de la entidad receptora.
- ✓ Plantear la demanda y llegar a un acuerdo.

Etapa 3: planificación. (enero)

- ✓ Definir los aspectos pedagógicos por parte del profesorado UPM.
- ✓ Definir la gestión y la organización de las actividades a realizar. Concretando actuaciones para la eficiencia energética y sostenibilidad.
- ✓ Definir las etapas de trabajo con el grupo.

(b) Ejecución

Etapa 4: Preparación. (enero-febrero)

- ✓ Motivar al grupo, exponiendo el trabajo y las implicaciones de llevar a cabo un buen servicio.
- ✓ Diagnosticar los problemas vinculados al proyecto.
- ✓ Organizar el trabajo que se llevarán a cabo por parte de cada grupo de estudiantes y por el profesorado.
- ✓ Reflexionar sobre los aprendizajes en la preparación.

Etapa 5: Ejecución. (febrero-abril)

- ✓ Realizar el servicio en el centro receptor, esta etapa a su vez se puede dividir en varias subetapas vinculadas a cada objetivo clave definido previamente.
- ✓ Relacionarse con personas y entidades del entorno.
- ✓ Registrar, comunicar y difundir el proyecto, empleando para ello los canales de difusión aportados por ambas entidades.
- ✓ Reflexionar sobre los aprendizajes realizados y autocrítica del trabajo realizado.

Etapa 6: Cierre. (abril)

- ✓ Reflexionar y evaluar los resultados del servicio realizado, así como de los aprendizajes conseguidos.
- ✓ Proyectar perspectivas de futuro, visualizando como mejorar y dar continuidad a la iniciativa en futuras convocatorias.

(c) Evaluación

Etapa 7: Evaluación multifocal. (mayo, y durante todo el curso "evaluación progresiva").

- ✓ Evaluación del grupo y a cada uno de sus integrantes.
- ✓ Evaluación del trabajo en red con la entidad de apoyo.
- ✓ Evaluación de la experiencia como proyecto de APS.
- ✓ Autoevaluación del docente.

3. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA APS

3.1 Resultados obtenidos y discusión

Los resultados de esta experiencia se pueden dividir en los dos niveles educativos, grado universitario y E.S.O., de tal forma que se pueden destacar:

- En lo referente al alumnado de la E.T.S. de Edificación, se llevó a cabo el desarrollo de un plan de mantenimiento del edificio del CEPA Joaquín Sorolla. Dicho plan de mantenimiento incluía reparaciones reales del edificio y mejoras para impulsar la eficiencia energética y la sostenibilidad. Asimismo, el alumnado desarrolló un informe y un presupuesto que sirvió de base para la realización de diversas mejoras que aún hoy siguen vigentes en el centro. Con ello, no solo se trabajaron las competencias básicas de la asignatura, sino que también se desarrolló el trabajo en un contexto real y aplicado a la Comunidad de Madrid.
- El alumnado del centro tuvo la oportunidad de trabajar de la mano de estudiantes universitarios los conceptos teóricos impartidos en la asignatura de Tecnología. Como resultado, el alumnado del centro contribuyó en la peritación del edificio y realizó un decálogo de buenas prácticas para la mejora de la eficiencia energética. Además, este estudiantado se encargó de impulsar la iniciativa en el barrio y difundir el proyecto a través de diversas redes sociales (ver Figura 2).

En consecuencia, se han trabajado diversas competencias necesarias para el desarrollo profesional, entre las que se pueden destacar:

- Aptitud para intervenir en la rehabilitación de edificios y en la restauración y conservación del patrimonio construido.
- Capacidad para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.
- Capacidad para elaborar manuales y planes de mantenimiento y gestionar su implantación en el edificio.
- Que los estudiantes sean capaces de trabajar en entornos diversos, comprendiendo y adaptándose a situaciones nuevas en el ámbito de la administración y dirección de empresas.
- Fomentar que los alumnos adquieran conocimientos sólidos demostrables, desarrollen el altruismo, la inteligencia creativa, la capacidad crítica, la reflexión y el sentido de ciudadanía.



Figura 2. Desarrollo de la experiencia, cuadernos de campo y planificación.

3.2 Métodos de evaluación

En términos generales, se ha observado una disminución de la tasa de absentismo en el alumnado universitario y una mejora del rendimiento académico en ambos centros. El proceso de evaluación empleado se ha desarrollado en tres etapas bien diferenciadas:

(a) La evaluación y reflexión sobre el aprendizaje y la acción.

La reflexión ocupa un papel clave en los procesos de Aprendizaje-Servicio, ya que facilita la conexión entre la experiencia de servicio y el aprendizaje académico, promoviendo el desarrollo de conocimientos, habilidades y capacidades cognitivas (Puig et al., 2011). Esta reflexión se realizó en tres estadios a lo largo de toda la experiencia: (i) entre compañeros/as, (ii) individual de cada miembro del proyecto, (iii) en común con los agentes implicados. Para ello, se habilitaron espacios y tiempos para su desarrollo a lo largo del desarrollo del proyecto.

Adicionalmente, se impulsó el empleo de la herramienta del Portafolio, como documento estructurado donde recoger aquellos puntos esenciales y sintetizar los aprendizajes recibidos semana a semana.

(b) La evaluación que el docente necesita hacer sobre los aprendizajes.

Este sería el proceso de evaluación y "poner notas" propiamente dicho. Esto es, debido a las necesidades del sistema académico actual, incluir calificaciones numéricas para el alumnado en base a las actividades desarrolladas. Para ello, se lleva a cabo una evaluación progresiva, cuyos criterios deben ser bien definidos desde el principio. Esta evaluación se realizó mediante un enfoque multifocal, donde se tomaron en consideración:

- Evaluación del grupo y sus miembros: en este punto se analizó la capacidad del alumnado para trabajar en equipo y la coordinación llevada a cabo durante el proyecto de APS. Una parte importante de este análisis fue la distribución equitativa del trabajo, la capacidad para resolver conflictos internos y el nivel de implicación en la experiencia.
- Evaluación del trabajo realizado (incluido el servicio): en este estado se evalúa el producto resultante, esto es, el decálogo de buenas prácticas (CEPA) y el plan de mantenimiento (ETSEM). Se tienen en cuenta las competencias curriculares de cada nivel y la integración de los conceptos explicados en clase. Una parte clave es la presentación y defensa de este trabajo a final del proyecto.
- Autoevaluación: el proceso de evaluación culmina en este punto, con un cuestionario abierto que da pie a la reflexión y a la autocrítica. Este punto es esencial para conocer las posibles mejoras y propuestas de desarrollo futuras.

(c) La evaluación del propio proyecto APS.

Este último punto es clave para conocer el grado de alcance y significancia de la propuesta. Esta evaluación permite valorar tanto el impacto educativo en los estudiantes como el efecto social del servicio prestado en

la comunidad. Además, facilita la toma de decisiones futuras y establece los puntos débiles y fuertes de la experiencia desarrollada, lo que permite entrar en un proceso de mejora continua y sostener el proyecto en el tiempo. De esta manera, se sigue el criterio de que evaluar no es solo medir resultados, sino también reflexionar críticamente sobre la experiencia y hacer autocrítica de manera constructiva.

En esta fase, se llevaron a cabo dos iniciativas:

- *Reflexión pautada*: Valoración hasta el momento del proyecto realizado, poniendo de manifiesto los avances, necesidades y direcciones futuras.
- *Debate interno y discusión*: Tratando de responder ¿Cómo se puede dar mejor cumplimiento a las necesidades encontradas? y ¿Qué recursos disponemos/necesitamos para ello?

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha mostrado el proceso de creación e implementación de un proyecto de APS en contextos universitarios, tomando como referencia la asignatura de Mantenimiento de Edificios del Grado en Edificación. Esta metodología ha demostrado ser una herramienta eficaz para conectar los contenidos académicos con situaciones reales y socialmente relevantes, tal y como se ha recogido por otros autores en la literatura analizada. Para ello, ha sido fundamental establecer la colaboración con el CEPA Joaquín Sorolla, de manera que el estudiantado universitario pudiera aplicar sus conocimientos adquiridos durante el curso en un entorno real, desarrollando un plan de mantenimiento que incorporó mejoras significativas en eficiencia energética. De la misma forma, el alumnado de educación para adultos se involucró activamente en el análisis y difusión del proyecto, trabajando contenidos correspondientes a la asignatura de Tecnología y fortaleciendo el compromiso con la sostenibilidad. Esta experiencia potenció habilidades como el trabajo en equipo, la reflexión crítica y la ciudadanía activa.

Asimismo, el proyecto evidenció la importancia de integrar procesos de evaluación y reflexión a lo largo de todas sus etapas, permitiendo valorar tanto el aprendizaje académico como el impacto social generado. La evaluación multifocal aplicada permitió identificar fortalezas y oportunidades de mejora, consolidando el APS como una práctica pedagógica transformadora. En consecuencia, se constata que este tipo de iniciativas no solo enriquecen la formación técnica y elemental, sino que también contribuyen al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible mediante una educación para la ciudadanía comprometida con su entorno.

Las principales limitaciones de este estudio están vinculadas a su limitado periodo de aplicación, únicamente durante el segundo semestre en dos cursos académicos. Otra posible limitación sería el escaso apoyo económico que reciben los proyectos de continuidad de APS en la UPM, por lo que los autores se ven obligados a continuar estos trabajos por ellos mismos. En el futuro, se pretende integrar esta metodología en más asignaturas de la titulación y tratar de integrar así el proyecto en un curso completo.

Agradecimientos: Los autores quieren agradecer la Oficina de Aprendizaje Servicio de la Universidad Politécnica de Madrid la oportunidad brindada a través de la convocatoria de proyectos APS-2024 y APS-2025. Asimismo, queremos agradecer la colaboración y apoyo mostrados por el personal del Centro de Educación para Adultos (CEPA) Joaquín Sorolla (Madrid, España), así como al alumnado de ambos centros implicados en la iniciativa ETSEM-UPM y CEPA-Joaquín Sorolla.

Financiación: Este trabajo ha recibido el soporte del proyecto APS25.5404: Fomentando la eficiencia energética y la sostenibilidad en el Distrito Salamanca a través de la educación para adultos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera Benito, P.; Bach Buendia, I.; López-Asiaín Martínez, J. (2025). *Nos movemos por un consumo responsable de agua*. En: "Experiencias de Aprendizaje-Servicio en la UPM: 2024". Universidad Politécnica de Madrid. Oficina de Aprendizaje - Servicio. https://oa.upm.es/88661/

Baquero Arenal, M.; Gómez Álvarez, F.; López Busnadiego, B.; Maresca, P.; Moreno Prieto, P. F.; Sanchidrián Blázquez, A.; Santos Olalla, F. (2025). *Impacto de la formación en eficiencia energética contra la Pobreza Energética en barrios desfavorecidos de Madrid aplicando la metodología de Aprendizaje y Servicio, ApS. En*: "Experiencias de Aprendizaje-Servicio en la UPM: 2024". Universidad Politécnica de Madrid. Oficina de Aprendizaje - Servicio. https://oa.upm.es/88668/

Batlle, R. (2019). Objetivos de desarrollo sostenible y ApS. Disponible en: https://roserbatlle.net/aprendizaje-servicio/5-aps-en-diferentes-contextos/objetivos-de-desarrollo-sostenible-y-aps/ (último acceso: 2 mayo 2025).

Calderon Guerrero, C.; Ramírez Benavides, L. M. (2025). *Ecología a pie de patio (EPP)*. En: "Experiencias de Aprendizaje-Servicio en la UPM: 2024". Universidad Politécnica de Madrid. Oficina de Aprendizaje - Servicio. https://oa.upm.es/88687/

Ferrández, D.; Recalde-Esnoz, I.; Morón Fernández, C.; Yedra, E. (2020). *Service-Learning (S-L). Methodology and application from the subject of Quality Management and Control*. Advances in Building Engineering, 4(2), 60-72, https://doi.org/10.20868/abe.2020.2.4464

Meyers, S.A. (2009). *Service Learning as an Opportunity for Personal and Social Transformation*. International Journal of Teaching and Learning in Higher Education, 21(3), 373-381. https://eric.ed.gov/?id=EJ909071

Pérez Galván, L.M.; Ochoa Cervantes, A.C. (2017). *El aprendizaje-servicio (APS) como estrategia para educar en ciudadanía*. ALTERIDAD. Revista de Educación, 12(2), 175-188, http://dx.doi.org/10.17163/alt.v12n2.2017.04

Puig, J., Martín, X. y Batlle, R. (2008). *Cómo iniciar un proyecto de aprendizaje y servicio solidario.* Guías Zerbikas. Disponible en: https://centroderecursos.alboan.org/ebooks/0000/1275/9-ZER-GUI-1.pdf (último acceso: 25 junio 2025).

Puig, J., Gijón, M., Martín, X. y Rubio, L. (2011). *Learning-Service and Citizenship Education.* Revista de Educación Disponible en: https://www.ub.edu/GREM/wp-content/uploads/Aps-y-educacio%CC%81n-para-la-ciudadan.pdf (último acceso: 29 junio 2025).

Universidad Politécnica de Madrid. (2021). Aprendizaje-Servicio (Guía Básica). Disponible en: https://innovacioneducativa.upm.es/guias-pdi (último acceso: 25 junio 2025).

Universidad Politécnica de Madrid. (2025). *Experiencias de Aprendizaje-Servicio en la UPM: 2024*. Oficina de Aprendizaje - Servicio. https://doi.org/10.20868/UPM.book.88720.

CULTIVANDO EL FUTURO: APRENDIZAJE-SERVICIO PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y CIRCULAR

GROWING THE FUTURE: SERVICE-LEARNING FOR SUSTAINABLE AND CIRCULAR AGRICULTURE

Daniel Ferrández[(1)], Rafael Marcos-Sánchez[(2)], Ricardo Curto-Rodríguez[(3)], Alicia Zaragoza-Benzal[(1)]

[1] Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S. de Edificación, Dpto. Tecnología de la Edificación, Madrid, España, correo-e: daniel.fvega@upm.es; alicia.zaragoza@upm.es
[2] Facultad de Educación, Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), Logroño, Spain, correo-e: rafael.marcos@unir.net
[3] Universidad de Oviedo, Departamento de Administración de Empresas, Oviedo, España, correo-e: curtoricardo@uniovi.es

RESUMEN

El sector agrícola se enfrenta a un gran desafío, su transformación hacia los paradigmas de sostenibilidad y economía circular del siglo XXI. En este contexto de cambio, las políticas sectoriales emergen para plantear orientaciones e instrucciones que ayuden a alcanzarlo, como la Estrategia Española de Economía Circular y el Pacto Verde Europeo que trascienden la mera burocracia, convirtiéndose en hojas de ruta hacia una agricultura más armónica con el entorno y eficiente en el uso de recursos. Es en este escenario donde se inserta nuestro proyecto de Aprendizaje-Servicio (ApS), una iniciativa que involucra a estudiantes del doble grado de Edificación y ADE de la UPM, junto con alumnos preuniversitarios, con el objetivo de fomentar la comprensión de los estudiantes sobre la agricultura sostenible, mediante huertos urbanos, y su impacto en la comunidad local. La metodología ApS se implementará a través de un doble enfoque: primero, los estudiantes investigarán las políticas sectoriales y los métodos de agricultura sostenible; segundo, desarrollarán proyectos innovadores como huertos comunitarios o aplicaciones digitales para apoyar la agricultura sostenible. Estos proyectos se presentarán en un documento divulgativo que permita a los ayuntamientos fomentar la creación de huertos urbanos y promover actividades sostenibles en construcciones sostenibles. Se espera que los resultados incluyan un aumento significativo en el conocimiento y las habilidades prácticas de los estudiantes en agricultura sostenible, la creación de al menos un proyecto comunitario viable, y un impacto positivo medible en las prácticas agrícolas locales. Este proyecto pretende no solo enriquecer la experiencia educativa de los estudiantes a través de la aplicación práctica de sus conocimientos, sino que también contribuirá al desarrollo sostenible de la comunidad agrícola local, demostrando el valor del ApS como herramienta educativa y de cambio social.

Palabras clave: *Aprendizaje-Servicio, Políticas Sectoriales, Doble Grado Edificación y ADE, sostenibilidad.*

ABSTRACT

The agricultural sector is facing a major challenge, its transformation towards the sustainability and circular economy paradigms of the 21st century. In this context of change, sectoral policies emerge to propose guidelines and instructions that help to achieve this, such as the Spanish Circular Economy Strategy and the European Green Pact, which transcend mere bureaucracy, becoming roadmaps towards a more harmonious agriculture with the environment and efficient in the use of resources. It is in this scenario where our Service-Learning project (S-L) is inserted, an initiative that involves students of the double degree of Building and Business Administration of the UPM, together with pre-university students, with the aim of promoting the students' understanding of sustainable agriculture, through urban gardens, and its impact on the local community. The S-L methodology will be implemented through a two-pronged approach: first, students will

research sectoral policies and methods of sustainable agriculture; second, they will develop innovative projects such as community gardens or digital applications to support sustainable agriculture. These projects will be presented in a dissemination document that will enable municipalities to encourage the creation of urban gardens and promote sustainable activities in sustainable buildings. Outcomes are expected to include a significant increase in students' knowledge and practical skills in sustainable agriculture, the creation of at least one viable community project, and a measurable positive impact on local agricultural practices. This project aims not only to enhance the students' educational experience through the practical application of their knowledge, but will also contribute to the sustainable development of the local farming community, demonstrating the value of S-L as an educational and social change tool.

Keywords: *Service-Learning, Sectoral Policies, Double Degree in Building and Business Administration, Sustainability*

1. INTRODUCCIÓN

Los países de la Unión Europea, siguiendo directrices de esta, están realizando una transición hacia la sostenibilidad, el cuidado del medioambiente y el impulso de la economía circular. Para ello, determinan políticas sectoriales específicas para la transformación en diferentes áreas, entre ellas el sector agrícola (Comisión Europea, 2020). La transformación del sector agrícola no es solo un esfuerzo técnico, sino un cambio profundo en la forma en que la sociedad percibe y gestiona los recursos naturales, la producción de alimentos y el bienestar de la comunidad (FAO, 2019). Normativas de política sectorial como la Estrategia Española de Economía Circular y el Pacto Verde Europeo han surgido como facilitadores de este proceso, trascendiendo las fronteras burocráticas para ofrecer hojas de ruta integrales hacia una agricultura más armoniosa y eficiente en el uso de los recursos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021; Comisión Europea, 2019), esto es un gran reto para la edificación civil y especialmente para la formación universitaria para futuros ingenieros en edificación mediante proyectos cercanos a la realidad.

En este contexto de cambio, la metodología de aprendizaje servicio (ApS) está adquiriendo relevancia como innovación educativa ya que combina dos elementos importantes, un aprendizaje mediante la experiencia y un aporte a la sociedad (Puig et al., 2008). Nuestra iniciativa, situada en el Doble Grado de Edificación y Administración de empresas de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), busca fomentar la creación de proyectos de agricultura sostenible urbana entre los estudiantes universitarios. Con ello, no solo se exponen a las complejidades de la sostenibilidad, sino que también se les empodera para realizar contribuciones significativas a sus entornos locales (Schultes et al., 2025).

Desde hace ya varias décadas, la UPM viene realizando actividades de innovación educativa para la mejora de la calidad de sus enseñanzas. Sin embargo, en los últimos años, ha cobrado cada vez más fuerza la metodología ApS en el aula dentro del contexto de las carreras técnicas. Fruto de esta actividad, han surgido diversas iniciativas que se pueden enumerar a continuación y que guardan relación con la investigación realizada en este trabajo:

- *Aprendizaje y servicio en los huertos urbanos, colaborando con familias en riesgo de exclusión social*: Experiencia que recoge una iniciativa en conjunto con la asociación vecinal Red Solidaria Popular Latina-Carabanchel, y que tiene por objetivo impulsar un huerto urbano para proveer de alimentos a familias en riesgo de exclusión social. Para ello, se combina arquitectura y agronomía, transfiriendo conocimientos para el desarrollo del huerto y tratando de obtener un alto impacto en la comunidad (Sanz-Sancho et al., 2024).
- *Red de actores y recursos agroecológicos metropolitanos*: Experiencia docente que surge como herramienta de diálogo con el contexto de crisis climática y eco social que habitamos. Para ello, se envuelve a los estudiantes en una experiencia de co-diseño de espacios y territorios urbanos desde un enfoque sostenible. Se combina así investigación y docencia a lo largo del curso académico (Arqués Soler et al., 2024).
- *Puesta en valor del paisaje de la vega del Jarama mediante la implementación de infraestructura verde urbana de Titulcia*: Experiencia que pretende revitalizar los espacios públicos mediante proyectos sostenibles que involucren a la comunidad en su diseño y planificación. Para ello, se lleva a cabo una puesta en valor del paisaje de la vega del Jarama mediante la implementación de infraestructura verde urbana de Titulcia(Córdoba Hernández et al., 2024).

1.1 Objetivos

Los objetivos que planteados en este trabajo son los siguientes:

1. Mejorar la adquisición de los conceptos agricultura sostenible, edificación y urbanización sostenible, y la economía circular mediante la realización de proyectos referentes de construcción sostenible y políticas sectoriales mediante proyectos comunitarios prácticos. Este objetivo pretende tender un puente entre los conocimientos teóricos y la aplicación práctica, fomentando el pensamiento crítico y las habilidades de resolución de problemas esenciales para abordar los retos medioambientales, constructivos y de sostenibilidad actuales (Tilbury, 2011).
2. Promover el desarrollo de proyectos innovadores, como urbanización ambiental y herramientas digitales, que apoyen las prácticas agrícolas sostenibles y el bienestar de la comunidad. Al fomentar la creatividad y la colaboración. Este objetivo busca empoderar a los estudiantes para que diseñen soluciones que sean relevantes a nivel local y escalables a objetivos de sostenibilidad más amplios (Altieri et al., 2015).

2. METODOLOGÍA

La metodología de este proyecto de aprendizaje-servicio (ApS) está diseñada para fomentar un enfoque integrador, experiencial y colaborativo, que permita a los estudiantes del Doble Grado en Edificación y Administración de Empresas de la UPM se involucren de manera intensa en los retos y oportunidades de la urbanización y agricultura sostenible en el marco de las políticas sectoriales. El proceso se estructura en las siete etapas que establecen Puig et al. (2008) y mostrados en la Figura 1:

Etapa 1. Elaboración del borrador (duración 3 meses)

Todo proyecto comienza con una idea que es interesante y que motiva a los estudiantes. Para ello, se les puede plantear preguntas como qué podemos hacer y dónde situaremos la experiencia que ayudan a definir por dónde empezar. Posteriormente, cada grupo debe analizar cómo está el grupo y determinar el servicio social con el que quieren trabajar, en nuestro caso es la agricultura sostenible. Finalmente, el docente establece los aprendizajes formales y no formales del trabajo a realizar, en consonancia a los contenidos, competencias y resultados de aprendizajes establecidos en las guías didácticas de la asignatura (Políticas Sectoriales).

Etapa 2. Establecimiento de relaciones con entidades sociales (duración 1 mes)

Se consulta a los estudiantes sobre qué entidades sociales plantean para el proyecto, qué demanda hay y si es factible llegar a un acuerdo. En nuestro caso, se plantea para la propia Escuela y Campus.

Etapa 3. Planificación (duración 1 mes)

En esta etapa se realiza la definición de todo lo referente a los aspectos pedagógicos, se les explica a los estudiantes cuáles son los objetivos educativos de proyecto, qué actividades se quieren trabajar, en nuestro caso, actividades de aprendizaje y adquisición de competencias, de servicio a la comunidad, de reflexión, de comunicación grupal y de difusión del proyecto, entre otros aspectos; de gestión y organización, estableciendo el timeline del proyecto, los materiales, la difusión y presupuesto del proyecto, y las etapas de trabajo en grupo como los tiempos de preparación, ejecución y evaluación.

Etapa 4. Preparación (duración 2 meses)

Tras la planificación, se comienza a preparar el proyecto. Para ello, se realiza el diagnóstico del problema y la definición del proyecto que realizará cada uno de los grupos. Posteriormente, se organiza el trabajo a realizar para cumplir con los plazos establecidos y, finalmente, reflexionar sobre los aprendizajes de la preparación. Esta última parte es fundamental para que el estudiante sea consciente de su proceso de aprendizaje, a mayor consciencia mayor implicación y mejores resultados.

Etapa 5. Ejecución (duración 4 meses)

Cuando ya se ha preparado el proyecto, este se lleva a cabo. En esta fase, además de la ejecución, es importante el análisis de la relación con las personas y entidades, y registrar, comunicar y difundir el proyecto. Al final de la etapa, como se ha realizado en otras, cada grupo reflexiona sobre al aprendizaje adquirido en dicha etapa.

Etapa 6. Cierre (duración 1 mes)

Esta etapa debe apoyarse en las reflexiones anteriores. En esta etapa, se cierra cada uno de los proyectos y se reflexiona sobre los resultados del aprendizaje realizado. Así mismo se procede a la evaluación sobre el conjunto de aprendizajes conseguidos. A continuación, se comparte en el aula, al resto de los grupos, estos aprendizajes adquiridos.

Etapa 7. Evaluación multifocal (duración 1 mes y progresiva durante el proyecto)

La fase final se centra en evaluar tanto el proceso como los resultados. Los criterios de evaluación incluyen el logro de los objetivos de aprendizaje, la eficacia de la solución implementada y el impacto medible en la comunidad local (por ejemplo, mayor concienciación, mejora de las prácticas agrícolas o ahorro de recursos). Se recopilan comentarios de todos los participantes, incluidos los estudiantes, el profesorado y los socios de la comunidad.

Asimismo, se recopiló información acerca de la experiencia y se realizaron cuestionarios para conocer el alcance y satisfacción de este proyecto en el alumnado implicado.



Figura 1. Etapas del aprendizaje servicio solidario (Fuente: Elaboración propia a partir de Puig et al., 2008)

A lo largo de todas las etapas, la metodología hace hincapié en la interdisciplinariedad del propio grado (Edificación y ADE), el pensamiento crítico y la responsabilidad social, lo que garantiza que los estudiantes no solo adquieran habilidades técnicas y de gestión, sino que también desarrollen un fuerte sentido de compromiso cívico y liderazgo ético. Este enfoque se ajusta a los principios básicos del aprendizaje-servicio y la educación para la sostenibilidad, promoviendo experiencias de aprendizaje significativas que van más allá del aula y generan beneficios tangibles para la sociedad.

Por otro lado, el perfil del alumnado implicado se corresponde con estudiantes de los últimos cursos de la titulación, esto es, que tienen integrado ya en buena medida conocimientos técnicos que se pueden poner al servicio de esta iniciativa. La elección de este alumnado no es casual, por un lado, su mejor formación técnica es un factor clave, pero, por otra parte, su mayor tasa de absentismo hace necesario reformular las tradicionales clases magistrales para aumentar su participación en el aula. Este tipo de proyectos novedosos y con mayor implicación del alumnado en su realización pueden ayudar a solventar estos problemas que se han venido detectando cursos atrás en diversas asignaturas, entre otras, Políticas Sectoriales.

3. RESULTADOS

La implementación del proyecto de aprendizaje-servicio (ApS) centrado en la agricultura sostenible, urbanización, construcción y la economía circular en el aula ha dado resultados notables, tanto en términos de desarrollo de los estudiantes como de impacto en la comunidad. Los estudiantes demostraron un significativo aumento en su comprensión de los principios de sostenibilidad y la economía circular después de analizar las políticas sectoriales y su enfoque con la agricultura y la elaboración de los proyectos de ApS concretos. Más del 90 % de los estudiantes informaron de una mejora en su capacidad para analizar críticamente la relación entre el uso de los recursos, la sostenibilidad y la gestión eficiente en contextos agrícolas, lo que coincide con el estudio de Legodu y Seleke (2025) que sostienen que este tipo de metodologías, con un enfoque social y en un entorno local, permiten una mejor comprensión de la implementación de la sostenibilidad y la economía circular en sectores como el agrícola y la construcción. Los estudiantes también reconocieron la importancia intersectorial de la sostenibilidad, señalando su relevancia tanto en edificación como en la gestión empresarial.

El proyecto dio lugar a la creación de un plan de aumentar el volumen de vegetación en el entorno de la facultad y el diseño de una aplicación digital para la gestión sostenible y ayuda a empresas para crear proyectos ambientales y huertos urbanos, cumpliendo así el objetivo de desarrollar y poner en marcha proyectos innovadores. Trabajando en equipos multidisciplinares, los estudiantes aplicaron metodologías de aprendizaje experiencial y colaborativo, en consonancia con investigaciones recientes que enfatizan el valor de los modelos participativos y ascendentes en la innovación agrícola (Osumba et al., 2021). El primer proyecto de aumento de los árboles y plantas en el entorno de la facultad se diseñó siguiendo los principios de la permacultura e incluyó sistemas de compostaje y ahorro de agua. El segundo, la aplicación digital, permitió el seguimiento en tiempo real de las variables ambientales y la gestión de tareas, mejorando la eficiencia y la sostenibilidad de los huertos. Estos resultados reflejan la creciente adopción de modelos circulares en las prácticas agrícolas, que optimizan el uso de los recursos y minimizan los residuos (Velasco-Muñoz et al., 2022). Además, los estudiantes demostraron una mayor capacidad para la resolución creativa de problemas, el trabajo en equipo y la alfabetización digital.

El estudiantado expresó una gran satisfacción con la metodología de aprendizaje-servicio, destacando el valor de la experiencia directa y la reflexión crítica. Al incorporar la reflexión en cada una de las etapas, los estudiantes pudieron ir asimilando lo adquirido y mejorando las siguientes etapas, lo que los llevó a una adquisición más enriquecedor del conocimiento. El enfoque participativo y comprometido con el entorno fue clave para garantizar la relevancia y la sostenibilidad de las iniciativas, así como para reforzar el sentido de responsabilidad social y compromiso cívico de los estudiantes. Estos resultados coinciden con la literatura reciente que destaca el potencial transformador del aprendizaje-servicio y los enfoques participativos en la educación para la sostenibilidad (Legodu & Seleke, 2025; Osumba et al., 2021).

4. CONCLUSIONES

El proyecto ha demostrado el gran potencial de integrar los principios de la agricultura y construcción sostenibles, y la economía circular en la formación académica de los planes de estudio universitarios. Al involucrar a los estudiantes en retos de su entorno mediante la investigación participativa y la creación de proyectos servicio solidarios, se genera una unión entre los conocimientos teóricos de las asignaturas con la aplicación práctica de la realidad y su futuro laboral. Los estudiantes no solo profundizaron su comprensión de los conceptos de sostenibilidad y economía circular, sino que también desarrollaron habilidades esenciales como el pensamiento crítico, el trabajo en equipo y la alfabetización digital, competencias vitales para abordar los retos de urbanización agrícola y medioambientales contemporáneos.

La creación del proyecto ambiental de la Escuela y de la aplicación de gestión digital, junto con el enfoque participativo, ha proporcionado beneficios tangibles tanto para la Universidad como para la comunidad circundante, al trasladar los diferentes proyectos a la sociedad. Estos proyectos han fomentado el aprendizaje significativo, la interacción con el entorno y sociedad, y ha contribuido a mejoras cuantificables en la eficiencia y reducción de los recursos, la sostenibilidad y economía circular.

Los resultados obtenidos confirman que la metodología de aprendizaje-servicio favorece la creación de experiencias de aprendizaje significativas y la responsabilidad social entre los estudiantes. Los comentarios positivos de los participantes ponen de relieve el valor de integrar la dimensión académica, técnica y cívica

en la innovación educativa. Esto nos lleva a determinar que es importante adoptar enfoques innovadores, interdisciplinares y cercanos al entorno de los estudiantes para mejorar la adquisición de los conocimientos y prepararlos para afrontar los retos actuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. Agronomy for Sustainable Development, 35(3), 869-890. https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2

Arqués Soler, F.; Lapayese Luque, C.; Mariné Carretero, N.; Martín Sánchez, D.; Toribio Marín, C.; Nó Santos, E.; Toribio Álvarez, D.; Udina Rodríguez, C. (2025). Red de actores y recursos agroecológicos metropolitanos. ApS UPM. En: "Experiencias de Aprendizaje-Servicio en la UPM: 2024". Universidad Politécnica de Madrid. Oficina de Aprendizaje - Servicio. https://oa.upm.es/88666/

Córdoba Hernández, R.; Román López, M.E.; Escudero Boyero, D.; De la O Cabrera, M.R.; Morán Uriel, F.J. (2025). Puesta en valor del paisaje de la vega del Jarama mediante la implementación de infraestructura verde urbana de Titulcia. En: "Experiencias de Aprendizaje-Servicio en la UPM: 2024". Universidad Politécnica de Madrid. Oficina de Aprendizaje - Servicio. https://oa.upm.es/88690/

European Commission. (2020). Circular Economy Action Plan. European Commission.

FAO. (2019). The State of Food and Agriculture 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/11f9288f-dc78-4171-8d02-92235b8d7dc7/content

Legodu, G. & Seleke, B. (2025) Integrating Agricultural Science and Community Knowledge through Service-Learning to Enhance Food Security: A Participatory Lens. Journal of Education and Learning Technology, 6 (1), pp. 76 – 93. https://doi.org/10.38159/jelt.2025616

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). España Circular 2030. Estrategia Española de Economía Circular. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia.html

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2023). II Plan de acción de economía circular 2021-2023. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/sgecocir/ecocir/IIPAEC%202024-2026_240924v2.pdf

Osumba, J. J. L., Recha, J. W. M., & Oroma, G. W. (2021). Transforming agricultural extension service delivery through innovative bottom–up climate-resilient agribusiness farmer field schools. Sustainability, 13(7), 3938. https://doi.org/10.3390/su13073938

Puig, J. M., Martín, X., & Batlle, R. (2008). Cómo iniciar un proyecto de aprendizaje y servicio solidario. Zerbikas. https://www.zerbikas.es/wp-content/uploads/2015/07/1.pdf

Sanz Sancho, E.; Hernández Montes, E.; Pérez López, D.; Moratiel Yugueros, R.; Peco Palacios, J.D.; Centeno Muñoz, A. (2025). Aprendizaje y servicio en los huertos urbanos, colaborando con familias en riesgo de exclusión social. En: "Experiencias de Aprendizaje-Servicio en la UPM: 2024". Universidad Politécnica de Madrid. Oficina de Aprendizaje - Servicio. https://oa.upm.es/88704/

Schultes, M. T., Graf, D., Holzer, J., Schober, B., & Spiel, C. (2025). Implementation and Evaluation of Service Learning at Higher Education Institutions. Evaluation and Program Planning, 102622. https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2025.102622

Tilbury, D. (2011). Education for sustainable development: An expert review of processes and learning. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000191442

Velasco-Muñoz, J. F., Aznar-Sánchez, J. A., López-Felices, B., & Román-Sánchez, I. M. (2022). Circular economy in agricultura. An analysis of the state of research based on the life cycle. Sustainable Production and Consumption, 34, 257-270. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.09.017

FORMATO UNIFICADO DE CONTROL PARA LA VERIFICACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS DESARROLLADAS EN LAS PRÁCTICAS DE LA ASIGNATURA DE PROYECTOS TÉCNICOS

UNIFIED FORMAT OF CONTROL FOR THE VERIFICATION OF THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS DEVELOPED IN THE PRACTICES OF THE SUBJECT OF TECHNICAL PROJECTS

Manuel J. Carretero-Ayuso [(1)], Antonio Jiménez-Delgado [(2)], Pedro Fernández-Valderrama [(3)]

[1] Universidad de Extremadura, Cáceres, España, carreteroayuso@yahoo.es
[2] Universidad de Alicante, Alicante, España, antonio.jimenez@ua.es
[3] Universidad de Sevilla, Sevilla, España, pfvalde@us.es

RESUMEN

El arquitecto técnico entró tarde en la labor de proyectista comparado con otras competencias profesionales; además, en este cometido encuentra trabas de distinta índole. Aunque cada vez estamos más presentes en esta función, es necesario perfeccionarnos: una de las vías es mejorar las competencias de diseño. Para ayudar en ese enfoque desde las aulas, en la asignatura de Proyectos de la Universidad de Extremadura, se decidió dar un paso más e implementar un valor añadido a nuestro papel como proyectistas. La idea es incluir prácticas en las que los alumnos incorporen el concepto del control de calidad (inherente a nuestros cometidos) y el de supervisión técnica de los diferentes documentos proyectuales; todo ello como una experiencia innovadora docente. Así, en la práctica final de curso, se toma de base una práctica anterior en la que había que desarrollar un proyecto de reforma y se entrega a otros alumnos que no fueron los autores. Estos últimos deben realizar una verificación de la calidad de ese documento y analizar el contenido de las especificaciones constructivas contenidas en él, indicándose la posible repercusión que omisiones o malas prescripciones pudieran tener a futuro en el desarrollo de la obra. Se trata de que los alumnos se dieran cuenta de primera mano (mediante un proceso de revisión entre iguales) de las carencias que ellos mismos cometieron como proyectistas. Después de lo anterior, se entra en una fase final de puesta en común entre todos, en la que se creó un formato unificado de control con los puntos de verificación que habría que utilizar en futuras verificaciones de proyectos (esta vez centrado solo en las unidades constructivas de particiones, revestimientos e instalaciones). Se obtuvo así una plantilla de trabajo que les servirá cuando estén egresados, ya sea para autochequearse o para realizar trabajos profesionales análogos.

Palabras clave: *proyectos técnicos, formato de control, chequeo de especificaciones*

ABSTRACT

The technical architect has entered late in the work of the designer, compared to other professional skills; moreover, they are often hindered in this task by various kinds of obstacles. Although we are increasingly present in this role, there is a need for improvement: one way is to improve design skills. To help in this approach from the classroom, in the Technical Projects course at one of our universities, it has been decided to go a step further and implement an added value to our role as designers. The idea is to include practices in which students incorporate the concept of quality control (inherent to our tasks) and that of technical supervision of the different project documents; all of this as part of an innovative teaching experience. Thus, in the final practice of the course, we take as a basis a previous practice in which a reform project had to be developed and handed over to other students who were not the authors. The latter must verify the quality of this document and analyse the content of the construction specifications contained therein, indicating the

possible repercussions that omissions or poor prescriptions could have in the future on the development of the work. The aim was for the students to realise firsthand (through a peer review process) the shortcomings that they themselves committed as designers. This was followed by a final phase of sharing, in which a unified control format was created with the checkpoints to be used in future project verifications (this time focusing only on the construction units of partitions, claddings and installations). This resulted in a work template that will be used by the students when they graduate, either for self-checking or for similar professional work.

Keywords: *technical projects, control format, specification check*

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Conocemos que la calidad en los proyectos de edificación ha sido objeto de múltiples estudios. Según *Gutiérrez López (2013)*, la incorporación de sistemas de control en la fase de diseño permite reducir errores en obra y mejorar la eficiencia constructiva. Por su parte, *Santelices et al. (2019)* destacan la importancia de la supervisión técnica como herramienta para garantizar el cumplimiento normativo; y en el ámbito académico, la revisión entre iguales se ha consolidado como una estrategia eficaz para el aprendizaje significativo.

1.2 Entorno académico

La asignatura de Proyectos Técnicos es una de las materias fundamentales que posibilitan a los estudiantes (de los grados universitarios que habilitan para ejercer la arquitectura técnica) el poder desarrollar sus capacidades y competencias para concebir, diseñar, proyectar, redactar, gestionar, controlar y dirigir proyectos en el ámbito de la edificación según las atribuciones que permite la ley para dichos facultativos. Lógicamente, para llegar aquí, los estudiantes deben hacer converger los conocimientos que obtuvieron en otras asignaturas previas y fusionarlos con los propios temas que aquí se desarrollen.

En España, las universidades que emiten los estudios conducentes a la profesión regulada de Arquitecto Técnico son las siguientes (la primera y la última son universidades privadas).

UNIVERSIDAD	CENTRO UNIVERSITARIO
Universidad Católica San Antonio Murcia	Escuela Politécnica Superior
Universidad de A Coruña	Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica
Universidad de Alcalá de Henares	Escuela de Arquitectura, sección Guadalajara
Universidad de Alicante	Escuela Politécnica Superior
Universidad de Burgos	Escuela Politécnica Superior
Universidad de Castilla la Mancha	Escuela Politécnica de Cuenca
Universidad de Extremadura	Escuela Politécnica de Cáceres
Universidad de Girona	Escuela Politécnica Superior
Universidad de Granada	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universidad de la Laguna	Escuela Politécnica Superior de Ingeniería
Universidad de las Islas Baleares	Escuela Politécnica Superior
Universidad de Lleida	Escuela Politécnica Superior
Universidad de Salamanca	Escuela Politécnica Superior de Zamora
Universidad de Sevilla	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universidad de Zaragoza	Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia
Universidad del País Vasco	Escuela de Ingeniería de Guipúzcoa
Universidad Jaume I (Castellón)	Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales
Universidad Politécnica de Cartagena	Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación
Universidad Politécnica de Cataluña	Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona
Universidad Politécnica de Madrid	Escuela Técnica Superior en Edificación
Universidad Politécnica de Valencia	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universidad Ramón Llull (Barcelona)	Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle

Actualmente, los estudios se imparten en nuestro país bajo diferentes denominaciones, como son: Grado en Arquitectura Técnica, Grado en Arquitectura Técnica y Edificación, Grado en Edificación y Grado en Ingeniería de Edificación *(Gobierno de España, 2007)*. Este hecho hace que el alumnado, y la sociedad en general, no nos identifique y no sepa bien para qué servimos.

UNIVERSIDAD	DENOMINACIÓN
Universidad Católica San Antonio Murcia	Grado en Ingeniería de Edificación
Universidad de A Coruña	Grado en Arquitectura Técnica
Universidad de Alcalá de Henares	Grado en Arquitectura Técnica y Edificación
Universidad de Alicante	Grado en Arquitectura Técnica
Universidad de Burgos	Grado en Arquitectura Técnica
Universidad de Castilla La Mancha	Grado en Ingeniería de Edificación
Universidad de Extremadura	Grado en Edificación
Universidad de Girona	Grado en Arquitectura Técnica y Edificación
Universidad de Granada	Grado en Edificación
Universidad de la Laguna	Grado en Arquitectura Técnica
Universidad de las Islas Baleares	Grado en Edificación
Universidad de Lleida	Grado en Arquitectura Técnica y Edificación
Universidad de Salamanca	Grado en Arquitectura Técnica
Universidad de Sevilla	Grado en Edificación
Universidad de Zaragoza	Grado en Arquitectura Técnica
Universidad del País Vasco	Grado en Arquitectura Técnica
Universidad Jaume I (Castellón)	Grado en Arquitectura Técnica
Universidad Politécnica de Cartagena	Grado en Ingeniería de Edificación
Universidad Politécnica de Catalunya	Grado en Arquitectura Técnica y Edificación
Universidad Politécnica de Madrid	Grado en Edificación
Universidad Politécnica de Valencia	Grado en Arquitectura Técnica
Universidad Ramón Llull (Barcelona)	Grado en Arquitectura Técnica y Edificación

$\Rightarrow$ Consultados diferentes plantes docentes de la citada asignatura en las Escuelas Técnicas o Politécnicas, se aprecian contenidos y enfoques muy diferentes, teniendo en cuenta, además, que en muchos casos está desdoblada en dos cuatrimestres diferentes. Esto es, a veces la materia se encuentra repartida en más de una asignatura, que se pueden llamar igual (solo diferenciando el nombre poniendo detrás I y II) o con denominaciones distintas (p.ej. oficina técnica y proyectos). Se ha constatado también que esta materia, según la universidad en la que se estudie, puede pertenecer al primer y/o segundo cuatrimestre de 3º o 4º de carrera. Los créditos van de 6 a 12 ECTS (hay algunos casos intermedios de 9 créditos).

1.3 Prospección realizada sobre los planes docentes

Al objeto de ver la idiosincrasia y enfoque con la que se imparte esta materia en las diferentes universidades, se han consultado los planes docentes en las webs de las escuelas técnicas, de forma que se obtenga esa visión particular de cada una. A continuación, hemos estructurado distintos grupos según los temas y áreas de interés desarrollados en los temarios:

Aspectos previos
- -Adquisición de conocimientos relativos a la toma de datos
- -Actuaciones previas y levantamiento del estado actual
- -Obtención de cartografías online

Actuaciones preliminares
- -El proyecto de derribo
- -Estudio y plan de gestión de residuos de construcción
- -El proyecto de obras de urbanización
- -Reconocimiento, acondicionamiento del terreno y replanteo
- -Estimación económica preliminar

Aspectos sobre el diseño
- -Nociones conceptuales acerca del diseño
- -Metodologías para elaboración de proyectos
- -Planificación del diseño
- -Ordenanzas de diseño

Utilización de software
- -Diseño en 3D con SketchUp
- -Diseño en 3D con Revit
- -Modelado BIM y coordinación

Tramitación y entorno legal-administrativo

-El arquitecto técnico y la capacidad de diseñar
-Los agentes de la edificación y la LOE.
-Características del proyecto técnico y constructivo
-La oficina técnica en el proceso de la edificación
-Metodología, organización y gestión de proyectos
-Los colegios y organizaciones profesionales del mundo de la edificación
-Gestiones administrativas y documentación colegial.
-Visado, seguro decenal, declaración responsable etc.
-Hoja de encargo, diligencias, visados.
-Tramitaciones administrativas: Ayuntamiento y Comunidad Autónoma
-Fiscalidad, IAE, RETA y SRC.
-Licitación, adjudicación y ejecución de obras
-Contenido y obtención de la licencia de apertura

La redacción del proyecto técnico
-Realización de la memoria descriptiva y la constructiva
-El pliego de condiciones: aspectos facultativos, económicos y legales
-Representaciones gráficas
-Diseño de soluciones constructivas
-Mediciones y presupuestos
-Cumplimiento del CTE y otras normativas
-Desarrollo de un proyecto de actividad
-Desarrollo de un proyecto de nueva planta
-Desarrollo de un proyecto de adecuación o rehabilitación
-Desarrollo de un proyecto en edificios catalogados
-Redacción de un proyecto tipo de actuación en una vivienda unifamiliar
-Detalles de terminación y mobiliario.
-Infografías, presentaciones y animaciones en 3D
-Reportajes fotográficos

Diferentes actuaciones proyectuales
-El proyecto de decoración y de diseño de interiores
-El proyecto de domótica
-El proyecto de instalaciones
-El proyecto y la justificación de protección contra incendios
-El proyecto de rehabilitación y reforma de la envolvente
-El proyecto de accesibilidad y seguridad de utilización
-El proyecto de cimentaciones (cálculo, planos, mediciones y presupuesto)
-El proyecto de fábrica de ladrillo (cálculo, planos, mediciones y presupuesto)
-El proyecto de estructura metálica (cálculo, planos, mediciones y presupuesto)
-El proyecto de estructuras de hormigón (cálculo, planos, mediciones y presupuesto)

Otras actuaciones
-Adecuaciones de habitabilidad
-Adecuaciones energéticas y certificaciones
-Adecuaciones para la mejora del aire interior
-Conocimientos y herramientas relativas a la auditoría del proyecto de edificación

2. OBJETIVOS

Esta comunicación pretende hacer una valoración de una experiencia docente realizada en la asignatura de Proyectos de la Universidad de Extremadura. En ella, se apreció que existía una reiterada falta de inclusión de distintos aspectos técnicos cuando se tenían que describir en una memoria las características de diferentes unidades constructivas *(Carretero-Ayuso, 2016)*. En la gran mayoría de las actuaciones de los proyectos técnicos que se redactan profesionalmente, es necesario intervenir en las particiones, los revestimientos y las instalaciones. Una forma de facilitar el aprendizaje de ciertos temas en los estudiantes es proponer actividades que, de manera indirecta, los motiven a involucrarse en tareas que nunca han experimentado *(Alonso, 2001)*. Estas actividades deben incluir de forma implícita el desarrollo de competencias clave *(ANECA, 2003)*, y lograr

que los alumnos las adquieran sin ser plenamente conscientes de ello durante el proceso *(Yepes et al., 2012)*. Así, esta innovación docente tiene como propósito demostrar que es viable organizar y estructurar el desarrollo de una tarea propia, dividiéndola en pasos o elementos más simples dentro de una función técnica específica. La idea es conformar unas tablas de auto chequeo para que sirvan de proceso de calidad interno durante la redacción de algunas de las prácticas (sobre actuaciones proyectuales en edificaciones) y así constatar que no se quedan sin especificar diferentes aspectos en las unidades diseñadas de particiones, revestimientos e instalaciones (ya sea en memoria, planos o mediciones).

3. METODOLOGÍA

Como se ha indicado, la asignatura de Proyectos Técnicos constituye un eje fundamental en la formación universitaria de los futuros arquitectos técnicos. Su foco principal se dirige a dotar al estudiantado de las competencias necesarias para concebir, diseñar y proyectar obras de edificación. En este contexto, se ha implementado una experiencia docente que introduce el control de calidad en fase de diseño/redacción como parte del proceso proyectual. Esta iniciativa busca no solo mejorar la calidad de los documentos técnicos a redactar por los estudiantes cuando sean egresados, sino también fomentar una actitud crítica y reflexiva en los futuros profesionales.

Para elaborar las tablas de auto chequeo, los estudiantes se organizaron en grupos de tres integrantes, asignando a cada miembro la responsabilidad de una de las tablas a desarrollar; no obstante, todos los integrantes de los grupos participaron activamente en la comprensión global de la práctica. Una vez completada esta primera fase, los responsables de cada tabla mantuvieron reuniones transversales con sus homólogos de otros grupos con el fin de compartir dificultades y explorar posibles mejoras en sus respectivas tareas.

Las premisas dadas por el profesor, fue acordar la realización de unas tablas unificadas de chequeo que sirvieran para verificar la calidad de los proyectos en lo relativo al contenido de las especificaciones constructivas contenidas en ellos. Dada la experiencia en supervisión de proyectos y la experiencia en estudios de patología del docente, se explicó al alumnado la posible repercusión que omisiones o malas prescripciones pudieran tener a futuro en el desarrollo de la obra. Esto es, se mostraron algunos ejemplos reales del impacto que la deficiente redacción de los documentos proyectuales tiene en las obras; lo que no es más que efectuar un proceso de análisis en gestión de riesgos de nuestras propias actuaciones.

Tras la evaluación del trabajo presentado por cada grupo, se llevó a cabo una asamblea general con toda la clase para consensuar un conjunto único de tablas finales —que son las que aquí se presentan—, integrando en ella las mejores contribuciones realizadas por los estudiantes. Las tablas incluyen una serie de ítems básicos que corresponden a los puntos clave que deben ser constatados durante la redacción de los proyectos. Cada uno de estos puntos está identificado con un código único que facilita su reconocimiento. Como se apreciará, cada uno de ellos está agrupados en una 'clase' que los organiza conceptualmente. En las columnas finales se escribirá una X según si el mismo se halle presente (SI), si no se incluye (NO) o si no procede (N.P.). Finalmente, es posible incluir unas breves observaciones por cada uno de ellos.

La tabla de instalaciones, dado que involucra a bastantes subunidades de obras (diferentes tipos de instalaciones), es la de mayor extensión de las tres. Hay que decir que esta tabla tiene otra lectura extraacadémica y es que hace a los estudiantes que se involucren también en el diseño de las mismas, lo que es de suma importancia dado que en muchas ocasiones los arquitectos técnicos estamos dejando que los ingenieros nos dejen fueran del mercado en muchas actuaciones relativas a las instalaciones, aunque no sean de complejidad importante.

4. RESULTADOS

Las tablas finales desarrolladas, son estas que se incluyen a continuación. Si bien las mismas son el resultado de la creación de una actividad puntual, resultaron ser una fuente de aprendizaje interesante, tanto para los alumnos como para el propio docente.

Tabla 1. Diseño de tabla realizada para el chequeo de las unidades diseñadas relativas a las particiones

REDACCIÓN DE UN PROYECTO TÉCNICO. ÍTEMS PARA EL CAPÍTULO DE PARTICIONES						
CÓDIGO	**CONCEPTOS DE CHEQUEO SEGÚN PUESTA EN COMÚN DE LOS ALUMNOS**					**OBSERVACIONES**
	CLASE	**ASPECTOS QUE SE VERIFICARÍAN SOBRE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA**	**CONSIDERACIÓN**			
			SI	**NO**	**N.P.**	
P01	GENERAL	-Está suficientemente definido y concreto el conjunto de particiones utilizados y sus necesidades				
P02		-Quedan especificadas todas las capas y elementos constitutivos, así como sus espesores, formatos y características				
P03		-Los elementos específicos a utilizar en los huecos quedan correctamente definidos (dinteles, jambas, …)				
P04		-Se prevé la inclusión de juntas de construcción, movimiento o dilatación en la albañilería				
P05		-En caso de ser necesario, se incluyen elementos de armado o refuerzo				
P06		-Si está previsto la colocación de un aislante, se indica el tipo de material, su espesor y su densidad				
P07		-La carpintería interior queda definida según su material, espesor, tipología y ubicación				
P08		-Queda reflejado el nº de unidades de puertas, sus sistemas y orientación de apertura, así como las condenas y herrajes				
P09	ORDINARIAS	-En caso de alturas importantes, se incluyen en proyecto elementos de estabilización o rigidización				
P10		-El material de recibido debe tener algún tipo de característica: fraguado rápido, facilidad de trabajabilidad…				
P11		-Se prevén fijaciones en las terminaciones o encuentros con otras particiones que no sean cerámicas				
P12	ESPECIALES	-En caso de particiones especiales, se incorpora la documentación técnica que avale la idoneidad de la solución				
P13		-Las tabiquerías no convencionales incluyen los detalles constructivos y concreciones precisas				
P14		-Se incluyen especificaciones de montaje en caso de tabiquerías muy prefabricadas o de cierta relevancia/complejidad				
P15		-En las particiones conformadas por paneles, queda definido la geometría, espesores, densidad, así como los anclajes				
P16		-En particiones separadoras de áreas de compartimentación al fuego, se incluyen sus valores de resistencia				
P17		-En particiones que deban poseer condiciones acústicas específicas se aportan los cálculos justificativos necesarios				
P18		-En particiones con función anti-radiación, se incluyen planchas de plomo para revestir los tabiques				

Tabla 2. Diseño de tabla realizada para el chequeo de las unidades diseñadas relativas a los revestimientos

REDACCIÓN DE UN PROYECTO TÉCNICO. ÍTEMS PARA EL CAPÍTULO DE REVESTIMIENTOS						
CÓDIGO	CONCEPTOS DE CHEQUEO SEGÚN PUESTA EN COMÚN DE LOS ALUMNOS					OBSERVACIONES
	CLASE	ASPECTOS QUE SE VERIFICARÍAN SOBRE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	CONSIDERACIÓN SI	NO	N.P.	
R01	GENERAL	-Está suficientemente definido y concreto el conjunto de revestimientos utilizados y sus necesidades				
R02		-Quedan especificadas todas las capas y elementos constitutivos, así como sus espesores, formatos y características				
R03		-Se indica el sistema de colocación (mecánico, adherido...) y los productos/materiales necesarios para ello				
R04		-Se definen los tipos de revestimientos, en función de si son continuos, discontinuos, para exteriores o para interiores				
R05		-Se prevé la inclusión de juntas de construcción o de dilatación				
R06		-Se incluyen especificaciones de montaje en caso de revestimientos prefabricados o de cierta complejidad				
R07		-Se aprecian incompatibilidades entre los materiales, los productos de unión (conglomerantes, adhesivos y otros) y el soporte				
R08		-En caso de ser necesario, se incluyen registros sobre puntos o encuentros especiales				
R09		-De existir condicionantes contractuales con la propiedad, se incorporan los materiales, acabados y tratamientos exigidos				
R10		-Es necesario justificar la adecuación a alguna normativa específica (deportiva, sanitaria, industrial, alimentaria, …)				
R11		-Existe un plano de replanteo para los revestimientos discontinuos y su interrelación con aristas, huecos e instalaciones				
R12	ESPECIALES	-En caso de revestimientos especiales, se incorpora la documentación técnica que avale la idoneidad de la solución				
R13		-Para los revestimientos no convencionales se incluyen los detalles constructivos y concreciones precisas de montaje				
R14		-Están prescritas sus propiedades técnicas, calidades, sistema de colocación y cumplimiento del DB-SI				
R15		-Se concretan características específicas: sanitarias, antirrayado, dureza superficial, acústicas, resistencia al fuego, etc…				
R16	ALICATADOS Y APLACADOS	-Está definido el material de agarre (tipo, resistencia y características)				
R17		-Se indica del sistema de colocación (en capa fina o en capa gruesa) y su espesor				
R18		-Está definido el material de agarre y el material de revestimiento (tipos, resistencias y características)				
R19		-Se indica del sistema de colocación (solo adherencia o mecánico más adherencia) y las características del adhesivo y fijaciones				
R20	PAVIMENTOS	-Se definen las áreas según prestaciones: ubicación (exterior o interior) y uso (normal, intensivo o industrial)				
R21		-Los materiales utilizados tienen indicado su grado de resbaladicidad según el documento DB-SUA				
R22		-Es necesaria la disposición de tratamientos que indiquen desniveles u otros aspectos de uso y accesibilidad				
R23		-Se coloca un aislante bajo el pavimento en las zonas necesarias, y dicho aislante no pierde capacidades mecánicas				
R24	TECHOS	-Se prevén puntos para las operaciones de mantenimiento y acceso a las instalaciones				
R25		-Se considera necesario la incorporación de aislamiento térmico y/o elementos de absorción acústica				

Como se podrá comprobar, las tres tablas elaboradas permiten estructurar la autorrevisión de las especificaciones técnicas constructivas de los proyectos técnicos (en lo relativo a las unidades de particiones, revestimientos e instalaciones) en niveles de detalle muy útiles para el futuro ejercicio profesional de los estudiantes. Este hecho sin duda redundará en proporcionar unos documentos técnicos de mejor y mayor calidad para los diferentes clientes que tenga cada uno de los miembros del estudiantado cuando acabe la carrera. Para algunos estudiantes, esta experiencia de innovación docente la entendieron como interesante para que se repitiera en los siguientes cursos, en lugar de quedarla como una forma de chequeo puntual del proceso de aprendizaje durante un año en concreto.

Tabla 3. Diseño de tabla realizada para el chequeo de las unidades diseñadas relativas a las instalaciones

REDACCIÓN DE UN PROYECTO TÉCNICO. ÍTEMS PARA EL CAPÍTULO DE INSTALACIONES						
CÓDIGO	CONCEPTOS DE CHEQUEO SEGÚN PUESTA EN COMÚN DE LOS ALUMNOS					OBSERVACIONES
	CLASE	ASPECTOS QUE SE VERIFICARÍAN SOBRE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	CONSIDERACIÓN SI	NO	N.P.	
I01	GENERAL	-Está suficientemente definido y concreto el conjunto de las instalaciones utilizadas y sus necesidades				
I02		-Se incluyen los cálculos de las diferentes instalaciones, así como las diferentes hipótesis y limitaciones				
I03		-En las instalaciones que conducen agua se indica el porcentaje de pendiente y/o la presión				
I04		-Está definido el material y características de los conductos y de los tramos de la red				
I05		-Están indicados los puntos de conexión y de salida de la red, así como el trazado de cada una de las instalaciones				
I06		-Se indican los diámetros, secciones y equipos de apoyo; todo ello caracterizado según zonas, edificios y/o características				
I07		-Quedan definidos los sistemas de producción, impulsión, así como la ubicación y tipología de la maquinaria				
I08		-Están especificados los equipos de control, mando y protección				
I09		-Se representan y dimensionan rejillas, interconexiones, registros, zonas de aplicación, etc.				
I10		-Quedan bien acotados y representados gráficamente los puntos de acometida e interconexión				
I11	FONTA-NERÍA	-Si fueran necesarios, están previstos los equipos de presión, indicando la ubicación, capacidad, sistema de bypass, etc.				
I12		-En las conducciones de agua caliente se han definido el tipo de aislamiento y su espesor				
I13	SANEA-MIENTO	-Se han definido la tipología y tamaño de las arquetas y colectores, así como su ubicación en planta				
I14		-Existe una red de evacuación separativa entre aguas residuales y aguas pluviales				
I15	ELECTRICIDAD	-Está definido el trazado de las conducciones, las tomas de corriente, los puntos de luz, los cuadros eléctricos, etc.				
I16		-Se respetan las distancias a los volúmenes de protección y éstos se señalan gráficamente				
I17		-Hay un plano con el esquema unifilar de la instalación, referenciando las distintas zonas y edificios si los hubiera				
I18	VENTI-LACIÓN	-Se han considerado aberturas de admisión de aire en las fachadas y de paso interior a través de puertas o paramentos				
I19		-Se han previsto ventilaciones en los vestíbulos de independencia de garajes				
I20		-Hay prescrito una protección aislante contra fuegos en los pasos de conductos entre sectores de incendio				
I21	CALEFA-CCIÓN	-Está definido el tipo de caldera, potencia y tipo de combustible				
I22		-Está definido el tipo, dimensión y ubicación de los emisores térmicos				
I23		-Se han previsto las llaves termostáticas de los radiadores, los sistemas de control y la regulación de la temperatura				
I24	CLIMATI-ZACIÓN	-Están definidos los conductos y los equipos de producción de climatización, su potencia y ubicación				
I25		-Están previstas las tuberías individuales de desagüe de las aguas de condensación de los equipos				
I26	GAS	-Está definido el trazado de las conducciones y los puntos de consumo, así como los equipos de medición				
I27	CONTRA-INCENDIOS	-Está definida la resistencia y la reacción al fuego de la estructura y los acabados de los diferentes sectores de incendio				
I28		-Están definidas las tipologías y ubicación de los rociadores, si existieran estos en el proyecto				
I29		-Están definidos y ubicados los armarios de las BIEs, las llaves de maniobra y las columnas secas, en su caso				
I30		-Están previstos los extintores, indicando su tipología, cantidad, tamaño y ubicación				
I31	ASCEN-SORES	-Está acotada la dimensión de la caja del ascensor y la de la cabina (indicando también el nº de personas máximo a elevar)				
I32		-Está justificado el requerimiento de accesibilidad de la cabina y de los espacios de acceso al ascensor				

Como reflexión de los formatos unificados de control resultantes, se aprecia -por ejemplo- que en la tabla de particiones se alerta de posibles omisiones de espesores en elementos, poner énfasis en la concreción de

la definición tipológica de las tabiquerías, sus ubicaciones y las características técnicas de las distribuciones de tipología especial. En la tabla de revestimientos -entre otros- se indica la necesaria verificación de la indicación sobre tipos de fijación, compatibilidad de materiales, existencias de juntas de construcción y dilatación, sistemas de colocación y adherencia, etc. Y en la tabla de instalaciones, sobre errores de cálculos, trazado, presión, secciones y cumplimiento normativo.

Como se entenderá, estas listas de chequeo facilitarán la sistematización de la redacción de los proyectos en las unidades constructivas señaladas, ya que los propios alumnos se dieron cuenta de que repetían ciertos errores (por omisión, confusión o ignorancia) y llegó a conformar una preocupación creciente para ellos.

Esta experiencia ha evidenciado a los alumnos la importancia de integrar criterios de control de calidad, así como de considerar aspectos funcionales y económicos en la toma de decisiones. La correcta interpretación de las tablas técnicas y su aplicación práctica en el diseño, constituye una competencia esencial para su futuro.

5. CONCLUSIONES

La asignatura de Proyectos Técnicos presenta variantes metodológicas y de temario en función de cada universidad. No obstante, el análisis de los proyectos técnicos más habituales que efectúan los estudiantes durante las prácticas permitió identificar carencias comunes.

Este artículo expone una experiencia docente centrada en la creación y aplicación de un formato unificado de control para verificar la calidad técnica en ciertos ámbitos de los proyectos del entorno universitario de la edificación (en este caso centrado en las especificaciones técnicas de los materiales y sistemas constructivos pertenecientes a las unidades de particiones, revestimientos e instalaciones). Las tablas elaboradas por los estudiantes permitieron aflorar patrones frecuentes de errores en la documentación técnica que ellos mismos generaban cuando redactaban las memorias constructivas de las prácticas de esta asignatura. Un sencillo caso ejemplificativo de esto sería que cuando diseñaban una simple tabiquería, y sobre la misma no se indicaba si era de ladrillo cerámico o de placa de yeso laminado, lo que generaba una evidente ambigüedad constructiva y económica. Otro caso sería cuando se prescribía un revestimiento cerámico en zonas húmedas sin detallar el tipo de adhesivo ni la junta mínima, comprometiendo la durabilidad del sistema.

6. VALORACIÓN

El análisis de las tablas de chequeo evidencia la necesidad de reforzar la formación del alumnado en la redacción de memorias técnicas y el autocontrol de calidad en fase de diseño, dentro de las asignaturas de Grado. Esta experiencia demuestra que la revisión entre iguales no solo mejora la comprensión de los requisitos técnicos, sino que también promueve la autocrítica y la mejora continua. Además, el formato unificado de autocontrol se perfila como una herramienta útil tanto en el ámbito académico como profesional, al facilitar la sistematización de la verificación documental.

Como pretensión a futuro, se piensa en la posibilidad de considerar el concepto de tablas de chequeo aquí presentado, como una herramienta real susceptible de ser eficazmente utilizada en el desarrollo de la profesión liberal del arquitecto técnico. En la medida de lo posible, se intentará hacer algún tipo de validación externa como herramienta profesional.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación recibió financiación de la Consejería de Educación, Ciencia y Formación Profesional de la Junta de Extremadura y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional de la Unión Europea a través de la subvención de referencia GR24156.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, J. (2001). Motivación y estrategias de aprendizaje. principios para su mejora en alumnos universitarios, in A. García-Valcarcel (Eds.): Didáctica Universitaria (pp. 79-11). La Muralla, Madrid.

ANECA. (2003). Programa de convergencia europea: el crédito europeo: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación.

CARRETERO-AYUSO, MJ. (2016). Experiencia docente con el alumnado del ámbito de edificación: valoración de los trabajos concatenados en las actividades de la evaluación continua. 1ª Jornada de innovación docente en la ingeniería, 31-37. ISBN 978-84-608-9897-9

GOBIERNO DE ESPAÑA. (2007). Real Decreto 1393/2007 de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias. Boletín Oficial del Estado (Vol. 260, pp. 44037-44048). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-18770

GUTIÉRREZ LÓPEZ, C. L. (2013). Sistemas de calidad en el proyecto arquitectónico. Tesis doctoral. Editorial de la Universidad Panamericana. Jalisco (México).

YEPES, V., PELLICER, E., & ORTEGA, A.J. (2012). Designing a benchmark indicator for managerial competences in construction at the graduate level. J. of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 138(1), 48–54. https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000075

SANTELICES, C., HERRERA, R., & MUÑOZ, F. (2019). Problems in quality management and technical inspection of work: a study applied to the chilean context. Revista de la Construccion, 17(2), 45-56. https://doi.org/10.4067/S0718-50732019000300242

FABRICACIÓN DIGITAL EN LA PEDAGOGÍA ARQUITECTÓNICA: UNA PERSPECTIVA PRÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE

DIGITAL FABRICATION IN ARCHITECTURAL PEDAGOGY: A HANDS-ON APPROACH TO LEARNING

Caterina Morganti[(1)], Cristiana Bartolomei[(2)]

[1] Alma Mater Studiorum University of Bologna, Bologna, Italy, caterina.morganti4@unibo.it
[2] Alma Mater Studiorum University of Bologna, Bologna, Italy, cristiana.bartolomei@unibo.it

RESUMEN

En el contexto de la transformación digital de la educación y los procesos de virtualización, este estudio presenta una experiencia pedagógica innovadora llevada a cabo en el curso "Representación de Proyectos M", parte del programa de grado de segundo ciclo (LM) en Ingeniería de la Edificación-Arquitectura de la Alma Mater Studiorum Universidad de Bolonia en Italia. Durante los cursos académicos 2023/2024 y 2024/2025, los estudiantes trabajaron en la reproducción de edificios residenciales y en la réplica de las columnas diseñadas por Philippe Starck en el edificio Azkuna Zentroa de Bilbao. La experiencia se centró en el uso del modelado digital y el prototipado rápido, aprovechando las tecnologías disponibles en AlmaLabor, un makerspace universitario dedicado a la fabricación digital, el coworking y la colaboración interdisciplinaria.

El enfoque metodológico priorizó la retroalimentación iterativa, la adaptabilidad y el aprendizaje práctico mediante un flujo de trabajo estructurado que incluyó modelado 3D con Rhinoceros, impresión 3D FDM y corte láser. Este proceso permitió a los estudiantes desarrollar habilidades técnicas y fortalecer su comprensión de la representación arquitectónica desde una perspectiva digital y física. Los resultados evidenciaron mejoras en la visualización espacial, el dominio de herramientas de fabricación digital y la comprensión de la relación entre arquitectura histórica y tecnologías contemporáneas. La naturaleza iterativa del trabajo favoreció el refinamiento continuo y una mayor implicación en el proceso de diseño.

Además, la integración del prototipado digital y físico cerró la brecha entre teoría y práctica, generando un entorno de aprendizaje más inmersivo. La experiencia demuestra el valor pedagógico de la fabricación digital en la formación arquitectónica, no solo por el desarrollo de habilidades técnicas, sino también por la estimulación del pensamiento crítico y la resolución de problemas.

Este estudio destaca el papel clave de espacios como AlmaLabor en la evolución de la enseñanza arquitectónica contemporánea.

Palabras clave: *fabricación digital, impresión 3D, aprender haciendo, aprendizaje experiencial*

ABSTRACT

In the context of the digital transformation of education and virtualization processes, this study presents an innovative pedagogical experience conducted within the "Project Representation M" course, part of the second cycle degree programme (LM) in Building Engineering-Architecture at the Alma Mater Studiorum University of Bologna in Italy. The course's reference project for the 2023/2024 and 2024/2025 academic years focused on models related to architecture and architectural elements, specifically the reproduction of residential buildings and the replication of Philippe Starck's columns in the Azkuna Zentroa building in Bilbao. The experience focused on the use of digital modeling and rapid prototyping, leveraging the technologies available at AlmaLabor, a university makerspace dedicated to digital fabrication, coworking, and interdisciplinary collaboration.

The methodological approach prioritized iterative feedback, adaptability, and hands-on learning through a structured workflow that included 3D modeling with Rhinoceros, FDM 3D printing, and laser cutting. This process enabled students to develop technical skills and deepen their understanding of architectural representation from both digital and physical perspectives. The results showed improvements in spatial visualization, mastery of digital fabrication tools, and comprehension of the relationship between historical architecture and contemporary technologies. The iterative nature of the work encouraged continuous refinement and greater engagement in the design process.

Moreover, the integration of digital and physical prototyping bridged the gap between theory and practice, creating a more immersive learning environment. The experience demonstrates the pedagogical value of digital fabrication in architectural education, not only for the development of technical skills but also for fostering critical thinking and problem-solving.

This study highlights the key role of spaces like AlmaLabor in the evolution of contemporary architectural education.

Keywords: *digital fabrication, 3D printing, learning by doing, experiential learning*

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la educación superior ha experimentado una profunda transformación impulsada por la digitalización y la creciente disponibilidad de tecnologías de fabricación digital. En el ámbito de la arquitectura y la ingeniería, esta transformación ha permitido repensar los enfoques pedagógicos tradicionales, promoviendo entornos de aprendizaje que combinan el conocimiento teórico con la experimentación práctica. La integración de makerspaces y laboratorios de fabricación digital en los programas educativos representa un cambio paradigmático en la manera en que los estudiantes abordan el diseño, la representación y la materialización de proyectos arquitectónicos (Berman, 2012; Gershenfeld, 2005).

Este artículo presenta una experiencia pedagógica desarrollada en el curso "Representación de Proyectos M", parte del programa de grado de segundo ciclo (LM) en Ingeniería de la Edificación-Arquitectura de la Alma Mater Studiorum Universidad de Bolonia en Italia (figura 1). El estudio se centra en el uso de herramientas digitales y procesos de fabricación para la representación de elementos arquitectónicos significativos, tomando como objeto de estudio la reproducción de edificios residenciales y las columnas de Philippe Starck en el edificio Azkuna Zentroa de Bilbao. Esta actividad se enmarca dentro de un enfoque de aprendizaje activo y experiencial, alineado con los principios del constructivismo educativo (Kolb, 1984).



Figura 1. Extracto de la página web del curso: "Representación de Proyectos M", parte del programa de grado de segundo ciclo (LM) en Ingeniería de la Edificación-Arquitectura de la Alma Mater Studiorum Universidad de Bolonia en Italia.

2. OBJETIVOS

Esta experiencia educativa se enmarca en un enfoque innovador que busca integrar las herramientas de fabricación digital en la enseñanza de la representación arquitectónica. A través de una combinación de teoría, práctica y experimentación, se pretende proporcionar a los estudiantes un entorno de aprendizaje dinámico y colaborativo, donde puedan explorar activamente la relación entre el mundo digital y el físico. Al incorporar tecnologías como el modelado 3D, la impresión aditiva y el corte láser, se abre la posibilidad de repensar los métodos tradicionales de enseñanza, favoreciendo el desarrollo de competencias técnicas, creativas y críticas esenciales para la formación de futuros profesionales en el ámbito del diseño arquitectónico. En este contexto, se plantean los siguientes objetivos principales:

1. Explorar el potencial didáctico de la fabricación digital en el contexto de la enseñanza de la representación arquitectónica. Esta experiencia busca analizar cómo las herramientas de fabricación digital, como la impresión 3D, el corte láser y el fresado CNC, pueden enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en arquitectura (Savini & Savini, 2015). Se pretende que los estudiantes comprendan cómo estas tecnologías pueden utilizarse no solo para materializar ideas, sino también como instrumentos pedagógicos que favorecen la comprensión espacial, la precisión formal y la comunicación de conceptos arquitectónicos (Nelson et al., 2020).

2. Fomentar la comprensión de los estudiantes sobre la relación entre modelos digitales y objetos físicos. Se trata de ayudar a los estudiantes a establecer conexiones claras entre los modelos tridimensionales digitales que diseñan en software especializado y los objetos tangibles que se pueden fabricar a partir de ellos. Esta comprensión es clave para que puedan anticipar comportamientos físicos, tolerancias materiales y desafíos de ensamblaje, fundamentales en la práctica profesional de la arquitectura.

3. Desarrollar habilidades técnicas relacionadas con el modelado 3D, la impresión aditiva y el corte láser. Los estudiantes adquirirán competencias prácticas en el uso de software de modelado 3D, como Rhino, SketchUp o Fusion 360, así como en la preparación de archivos para la fabricación digital. Aprenderán a utilizar impresoras 3D y cortadoras láser de manera autónoma, desarrollando así una base sólida de conocimientos técnicos que podrán aplicar en múltiples áreas del diseño y la arquitectura (Seepersad, 2014).

4. Promover el pensamiento crítico y la resolución de problemas en contextos reales de diseño arquitectónico. A través del trabajo con prototipos y maquetas físicas, se busca estimular en los estudiantes una actitud crítica frente a las decisiones de diseño, obligándolos a evaluar sus propuestas no solo desde lo estético o funcional, sino también desde lo técnico y constructivo. Enfrentarse a problemas reales en la fabricación y el montaje fortalece su capacidad de análisis y mejora su toma de decisiones.

5. Integrar un enfoque iterativo y colaborativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La experiencia promueve una metodología activa basada en la experimentación, la retroalimentación continua y el trabajo en equipo. Se alienta a los estudiantes a desarrollar sus proyectos en ciclos de prueba y mejora constante, compartiendo conocimientos, enfrentando desafíos comunes y aprendiendo de sus errores en un entorno de colaboración.

6. Evaluar el impacto del entorno de trabajo en makerspace sobre la motivación y el aprendizaje de los estudiantes. Finalmente, se pretende observar y analizar cómo el uso de un espacio de fabricación compartido, como un makerspace, influye en la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje. Se estudiará si este tipo de entorno favorece la creatividad, la motivación intrínseca, el aprendizaje autónomo y la apropiación del conocimiento a través de la experiencia práctica y tangible.

3. METODOLOGÍA

La metodología adoptada en este curso se fundamenta en principios de aprendizaje activo y colaborativo, con un fuerte componente práctico apoyado en el uso de tecnologías de fabricación digital. A lo largo del desarrollo del curso, los estudiantes participaron en un proyecto integral cuyo objetivo principal fue la reproducción, tanto digital como física, de elementos arquitectónicos seleccionados (Soomro et al., 2021). Esta experiencia permitió a los participantes enfrentarse directamente con los desafíos del diseño, la representación y la materialización de formas complejas, fomentando al mismo tiempo un aprendizaje significativo y contextualizado (figura 2).

El punto de partida consistió en la elección de los objetos de estudio, centrada en casos con valor arquitectónico relevante y morfología desafiante. Se seleccionaron, en particular, viviendas residenciales típicas (figura 3) y las columnas diseñadas por Philippe Starck en el edificio Azkuna Zentroa (figura 4), en Bilbao. Estos elementos fueron escogidos no solo por su riqueza formal, sino también por su potencial para ser analizados, modelados y reproducidos mediante técnicas digitales. Esta fase inicial implicó también una investigación detallada de carácter histórico y formal, en la que los estudiantes profundizaron en el contexto, la función y la estética de los objetos elegidos.

Una vez definidos los casos de estudio, los estudiantes procedieron a la fase de modelado digital utilizando el software Rhinoceros. Este proceso incluyó el análisis geométrico de las formas arquitectónicas, la construcción paramétrica de componentes y la preparación de archivos específicos para su posterior fabricación mediante impresión 3D o corte láser. Además, se introdujeron nociones fundamentales de interoperabilidad entre plataformas de diseño digital como Grasshopper y AutoCAD, subrayando la importancia de desarrollar competencias técnicas transversales que respondan a los nuevos escenarios de la práctica proyectual contemporánea (Oxman, 2008).



Figura 2. Colección de imágenes que capturan momentos del proceso de trabajo en la creación de modelos físicos realizados por los estudiantes del curso “Representación de Proyectos M”.



Figura 3. Primer objeto de estudio - viviendas residenciales típicas. A la izquierda los planos/dibujos, a la derecha la maqueta física.



Figura 4. Primer objeto de estudio - columnas diseñadas por Philippe Starck en el edificio Azkuna Zentroa. A la izquierda los dibujos, a la derecha la maqueta física.

Posteriormente, se abordó la etapa de fabricación física. Los modelos previamente desarrollados fueron materializados en el laboratorio AlmaLabor, mediante el uso de tecnologías como la impresión 3D FDM (Fused Deposition Modeling) para las formas tridimensionales más complejas, y el corte láser para la elaboración de elementos planos estructurales y detalles complementarios. En esta fase, los estudiantes participaron activamente en todo el proceso técnico: configuración de parámetros, selección de materiales, gestión de los equipos y realización del postprocesado de las piezas producidas. Esta implicación directa les permitió no solo adquirir habilidades operativas, sino también reflexionar críticamente sobre las limitaciones y oportunidades que ofrece cada tecnología (Thompson et al., 2016).

Durante todas las fases del proyecto, se promovió una dinámica de retroalimentación constante y ajustes iterativos. Se organizaron sesiones de revisión crítica en las que los estudiantes recibieron comentarios por parte de sus compañeros y docentes, lo que les permitió refinar progresivamente sus modelos. Este enfoque iterativo fomentó una actitud abierta al aprendizaje a través del error, la experimentación y la mejora continua. Se implementaron rúbricas de evaluación formativa, así como mecanismos de autoevaluación periódica para consolidar el proceso reflexivo individual.

Finalmente, la evaluación del curso contempló múltiples dimensiones. Se valoró la calidad técnica y conceptual de los modelos físicos presentados, pero también la capacidad de los estudiantes para documentar y analizar su propio proceso de trabajo. Cada participante elaboró un informe reflexivo en el que sintetizó las principales decisiones tomadas, las dificultades encontradas y las competencias adquiridas. Además, se recogieron datos cualitativos y cuantitativos mediante encuestas de satisfacción, entrevistas y análisis de resultados de aprendizaje, con el objetivo de valorar el impacto global del enfoque metodológico y del entorno de trabajo en el desarrollo de la experiencia educativa.

4. RESULTADOS

Los resultados de esta experiencia pedagógica mostraron, en primer lugar, un avance significativo en las competencias técnicas de los estudiantes, quienes poco a poco fueron dominando con mayor soltura tanto el software de modelado 3D como las máquinas de fabricación digital.

A lo largo del proyecto se hizo evidente una mejora notable en la precisión geométrica y en el nivel de detalle de los modelos, así como una comprensión más profunda de las posibilidades y limitaciones de cada tecnología –desde las características del filamento en la impresión 3D hasta la calidad de corte del láser–, lo que les permitió convertir ideas abstractas en prototipos tangibles de forma cada vez más eficiente. Al mismo tiempo, surgió una mayor conciencia sobre los criterios de sostenibilidad en la selección de materiales y en la optimización de los procesos de fabricación, lo que refleja un enfoque responsable y proyectual.

En paralelo al desarrollo de habilidades técnicas, se observó un notable impulso en el ámbito cognitivo y metodológico: el carácter iterativo del curso fomentó el pensamiento crítico y la capacidad de autoevaluación continua, de modo que cada revisión de los modelos se convirtió en una oportunidad de aprendizaje y en un estímulo para analizar con rigor los aciertos y los errores. Esta apertura al ensayo y al fallo constructivo ayudó a consolidar una mentalidad resiliente y a valorar el aprendizaje basado en la experimentación, tan esencial para abordar los retos propios del diseño arquitectónico.

La implicación de los estudiantes fue extraordinaria, motivados por el entorno dinámico de AlmaLabor y el uso de tecnologías innovadoras que hicieron tangible el vínculo entre lo digital y lo físico. Trabajar en un espacio interdisciplinar facilitó la colaboración, el intercambio de conocimientos y el surgimiento de ideas inesperadas, mientras que el componente práctico y la autonomía en la gestión de los proyectos incrementaron el grado de satisfacción y compromiso con las actividades propuestas.

Por último, aunque los resultados fueron muy positivos, también se identificaron algunas limitaciones que abren nuevas líneas de mejora: al principio, muchos alumnos experimentaron dificultades para familiarizarse con las máquinas, lo que ralentizó las primeras iteraciones; además, la heterogeneidad en los niveles previos de conocimiento técnico generó cierta disparidad en la calidad de los productos finales. Estos hallazgos invitan a revisar la planificación temporal de las sesiones y a reforzar el acompañamiento inicial, de modo que todos los participantes puedan afrontar con mayor seguridad cada fase del proceso.

5. CONCLUSIONES

En el ámbito de la arquitectura y la ingeniería, los enfoques pedagógicos contemporáneos están evolucionando hacia metodologías activas y experienciales que promuevan un aprendizaje significativo y duradero. En este contexto, la integración del modelado digital y el prototipado físico en los procesos formativos se revela como una estrategia altamente efectiva. Esta combinación permite a los estudiantes no solo visualizar y comprender mejor las formas arquitectónicas complejas, sino también interactuar con ellas a través de la manipulación tangible y la experimentación directa. El modelado digital ofrece herramientas precisas para la representación tridimensional de ideas, mientras que el prototipado físico posibilita una comprensión material y estructural más profunda. Esta sinergia permite a los estudiantes experimentar con una variedad de materiales y técnicas constructivas, enfrentarse a desafíos reales del proceso constructivo y aplicar conocimientos teóricos en contextos concretos, desarrollando así una visión holística del proyecto arquitectónico o de ingeniería. Además, el uso de un enfoque iterativo basado en la prueba y el error fomenta competencias transversales esenciales en el entorno profesional actual. Entre ellas destacan el trabajo colaborativo, la comunicación efectiva, la resolución de problemas complejos y la gestión integral de proyectos. Estas habilidades, lejos de ser accesorias, son fundamentales en un mercado laboral cada vez más interconectado y multidisciplinario.

La colaboración interdisciplinaria —facilitada por la existencia de espacios creativos y colaborativos como AlmaLabor— enriquece aún más el proceso formativo. Estos entornos permiten a los estudiantes trabajar junto a profesionales y compañeros de otras disciplinas, lo que genera una dinámica de aprendizaje más rica, reflexiva y orientada a la innovación. Así, la formación no se limita a la adquisición de conocimientos técnicos, sino que se extiende al desarrollo de una mentalidad crítica y creativa, adaptable a los cambios y exigencias del entorno contemporáneo. En cuanto a las perspectivas futuras, el proyecto busca consolidarse mediante la ampliación de las redes de colaboración, incluyendo asociaciones con otras universidades, centros de investigación y disciplinas afines. Asimismo, se prevé la incorporación progresiva de tecnologías emergentes como la realidad aumentada (AR), la simulación digital avanzada y la inteligencia artificial, con el fin de potenciar las capacidades analíticas, proyectuales y comunicativas de los estudiantes. Estas líneas de desarrollo no solo posicionan a la arquitectura y la ingeniería como campos de conocimiento innovadores, sino también como plataformas educativas que promueven una formación integral, activa y orientada al futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berman, D. (2012). Do good design: *How designers can change the world*. New Riders. ISBN 978-0321573209. https://davidberman.com/wp-content/uploads/Do-Good-Design-by-David-Berman-2018-editionaccessiblesample-pages.pdf

Gershenfeld, N. (2005). *Fab: The coming revolution on your desktop—From personal computers to personal fabrication.* Basic Books. ISBN 978-0465027453

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall. ISBN 978-0132952613

Nelson, J., Berlin, A., Menold, J., & Parkinson, M. (2020). The role of digital prototyping tools in learning factories. *Procedia Manufacturing*, 45, 528–533. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.073

Oxman, R. (2008). Theory and design in the first digital age. *Design Studies*, 29(2), 99–120. https://doi.org/10.1016/j.destud.2005.11.002

Savini, A., & Savini, G. G. (2015). A short history of 3D printing, a technological revolution just started. *2015 ICOHTEC/IEEE International History of High-Technologies and their Socio-Cultural Contexts Conference*, Tel-Aviv, Israel. https://doi.org/10.1109/HISTELCON.2015.7307314

Seepersad, C. C. (2014). Challenges and opportunities in design for additive manufacturing. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 1(1), 10–13. https://doi.org/10.1089/3dp.2013.0006

Soomro, S. A., Casakin, H., & Georgiev, G. V. (2021). Sustainable design and prototyping using digital fabrication tools for education. Sustainability, 13(3), 1196. https://doi.org/10.3390/su13031196

Thompson, M. K., Moroni, G., Vaneker, T., Fadel, G., Campbell, R. I., Gibson, I., Bernard, A., Schulz, J., Graf, P., Ahuja, B., & Martina, F. (2016). Design for additive manufacturing: Trends, opportunities, considerations, and constraints. *CIRP Annals*, 65(2), 737–760. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.05.004

MEJORA DEL APRENDIZAJE EN ANÁLISIS DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO A TRAVÉS DEL PROGRAMA "ALUMNO INTERNO"

IMPROVEMENT OF LEARNING IN ARCHITECTURAL HERITAGE ANALYSIS THROUGH THE "INTERNAL STUDENT" PROGRAM

Pedro Enrique Collado Espejo [(1)]

[1] ETS Arquitectura y Edificación, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España, pedroe.collado@upct.es

RESUMEN

Las Normas Académicas de la Universidad Politécnica de Cartagena incluyen la convocatoria anual del programa de Alumno Interno del Departamento, con el fin de que el alumnado tenga "un conocimiento más amplio del Departamento y de las materias que está cursando". Básicamente, se plantean como una posibilidad de especialización del alumno en alguno de los ámbitos del Grado que está cursando al colaborar con el profesor en la mejora de documentación y recursos formativos de la asignatura correspondiente. La comunicación se centrará en exponer cómo se ha planteado esta iniciativa para que los alumnos adquieran un mayor grado de compromiso con su formación técnica y humana en el ámbito universitario, potenciando además sus conocimientos y especialización en el campo del análisis y futura intervención en el Patrimonio Arquitectónico.

De acuerdo con el profesor responsable y desde un enfoque teórico-práctico, el alumno interno adscrito a la asignatura de "Restauración, rehabilitación, reparación y mantenimiento de edificios" debe realizar un análisis de materiales, sistemas constructivos y patologías presentes en un edificio histórico. Se potencian así las competencias específicas (contenidos formativos), las competencias transversales (especialmente el análisis y pensamiento crítico), los conocimientos en criterios y metodología de estudio del Patrimonio, así como en técnicas de intervención aplicadas a los problemas que presenta el edificio analizado.

Como consecuencia de este acercamiento real al Patrimonio Arquitectónico, en los últimos años, todos los alumnos internos de la citada asignatura terminaron sus estudios desarrollando un Trabajo Fin de Estudios, en la modalidad de Trabajo Específico, completando el estudio desarrollado anteriormente. Además, varios de ellos obtuvieron reconocimiento en los Premios del COAATIEMU a TFG/TFM por la calidad de sus trabajos.

Palabras clave: *Alumno interno, aprendizaje, patrimonio, especialización.*

ABSTRACT

The Academic Standards of the Polytechnic University of Cartagena include the annual call for the Department's Internal Student program, with the aim of giving students "a broader knowledge of the Department and the subjects they are studying". Basically, are proposed as a possibility of specialization of the student in one of the areas of the degree they are studying by collaborating with the professor in the improvement of documentation and training resources for the corresponding subject. The communication will focus on explaining how this initiative has been planned so that students acquire a greater degree of commitment to their technical and human training in the university environment, also enhancing their knowledge and specialization in the field of analysis and future intervention in Architectural Heritage.

According to the professor in charge and from a theoretical-practical approach, the internal student assigned to the subject of "Restoration, rehabilitation, repair and maintenance of buildings" must carry out an analysis of materials, construction systems and pathologies present in a historic building. Specific competences (training content), transversal competences (especially analysis and critical thinking), are thus

enhanced, knowledge of criteria and methodology for the study of the heritage as well as techniques of intervention applied to the problems presented by the building under analysis.

As a consequence of this real approach to Architectural Heritage, in recent years, all internal students of this subject have completed their studies by developing a Final Project, in the mode of a Specific Project, completing the study developed previously. In addition, several of them obtained recognition in the COAATIEMU TFG/TFM Awards for the quality of their work.

Keywords: *Internal student, learning, heritage, specialization.*

1. INTRODUCCIÓN. LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA EN UN MUNDO EN CONSTANTE CAMBIO

Históricamente, la enseñanza universitaria se centraba en las clases magistrales, con gran protagonismo de la tiza y la pizarra, algunos libros y "apuntes de asignatura" y los exámenes individuales como principales herramientas para el aprendizaje y especialización del estudiante y futuro profesional. Una metodología de enseñanza y transmisión de conocimientos donde el profesor asumía el papel principal de todo el proceso y el estudiante pasaba a tener un rol secundario, un tanto pasivo y como mero receptor de toda la información que se le proporcionaba. Un modelo educativo cada vez más cuestionado por sus evidentes carencias y que, con la definitiva implantación, a partir del curso 2010-2011, del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), conocido como *Plan Bolonia*, se transformará radicalmente, afectando a los planes de estudios y, especialmente, a la relación profesor-estudiante. El EEES planteará un nuevo modelo educativo, que algunos pedagogos han denominado *autogestión del aprendizaje*, en el que el método tradicional de "enseñanza" será sustituido por el de "aprendizaje". Un concepto y modelo de formación y transmisión de conocimientos en el que el profesor universitario asume un nuevo rol, más como guía-tutor del alumno en todo su proceso formativo que como experto que imparte/comparte conocimientos. Por tanto, este nuevo modelo educativo obliga al estudiante a comprometerse, implicarse y asumir su responsabilidad en *su* (personal) proceso de aprendizaje y adquisición de conocimientos, habilidades y competencias necesarias para poder ejercer, con éxito, la profesión para la que se está formando técnica y humanamente (Collado-Espejo, 2011).

Sin embargo, en un mundo como el actual, en constante cambio, muy dinámico, competitivo y globalizado, y donde la tecnología, las demandas del mercado laboral y las nuevas formas de empleo están en constante evolución, la correcta adquisición de conocimientos y habilidades prácticas y, especialmente, la capacidad de adaptación del profesional a estos cambios es esencial para el éxito laboral. Por ello, entendemos que la universidad tiene la responsabilidad de asumir una formación de calidad que preparare a los estudiantes para este mundo en constante transformación. Además, el avance de herramientas basadas en la inteligencia artificial (en adelante IA), está revolucionando muchos sectores, incluida la enseñanza universitaria. En un entorno sociocultural y educativo cada vez más digitalizado, la IA está transformando radicalmente la forma en que los estudiantes reciben todo tipo de información (¿*conocimientos*?), y en consecuencia se conforma y modula su formación técnica y humana. Las numerosas plataformas digitales de aprendizaje adaptativo y los sistemas de tutoría automatizados están muy presentes en el día a día del estudiante, con lo que se hace necesario repensar el modelo de aprendizaje en el ámbito universitario, el rol del profesorado y su relación con el estudiante, así como el uso que tanto el profesor como el estudiante deberían hacer de la IA como herramienta educativa.

La universidad debe preparar al estudiante ante los desafíos profesionales del siglo XXI, y el uso correcto de herramientas basadas en IA es uno de los grandes retos que tiene en la actualidad. Parece claro que la excesiva dependencia de la tecnología y el uso generalizado de herramientas de IA como base de la enseñanza y/o práctica profesional reducen la capacidad de innovación, de creatividad y el pensamiento crítico del estudiante. Además de que no todos los alumnos ni todas las escuelas universitarias tienen acceso a las mismas herramientas de IA, con todo lo que ello conlleva. Por ello, la IA debería ser una herramienta complementaria y nunca sustitutiva de la labor del profesor. Métodos como el llamado *Aprendizaje Basado en Proyectos* (ABP), que promueven un aprendizaje más activo, participativo, colaborativo y creativo, el "aprender haciendo", sin duda favorecen una formación académica, técnica y humana, de calidad, aumentando la motivación y compromiso de los estudiantes, algo fundamental para conseguir que adquieran los conocimientos y habilidades que demanda el mercado laboral.

2. OBJETIVOS. EL APRENDIZAJE EN ANÁLISIS DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Teniendo en cuenta todo lo anterior y partiendo de la idea básica de que toda intervención en el Patrimonio Arquitectónico se asienta en el conocimiento histórico-constructivo del propio edificio, el rigor técnico-científico y el análisis y reconocimiento de los muchos y singulares valores que hacen que una edificación se clasifique y proteja legalmente como monumento (Collado-Espejo & Marín-Sánchez, 2006)**,** debemos plantearnos cómo, desde la universidad, estamos formando técnica y científicamente, pero también social y culturalmente, a los estudiantes y futuros técnicos que necesariamente acometerán las obras de conservación, restauración y/o rehabilitación monumental.

Por ejemplo, los actuales métodos de enseñanza/aprendizaje han incorporado, especialmente en las asignaturas relacionadas con el dibujo y los proyectos arquitectónicos, el uso de diferentes programas de diseño asistido por ordenador (CAD) y los alumnos empiezan a utilizar con regularidad herramientas de IA para definir sus propuestas. Un método de aprendizaje en el que el alumno, y hasta el profesional, puede llegar a olvidar la importancia del dibujo a mano: el croquis. Obviando que el dibujo a mano obliga a dedicar un tiempo para el reconocimiento y análisis visual, general y de detalle, que implica también el entendimiento y la reflexión básica acerca de cómo (sistemas constructivos) y con qué (materiales) se construyó el edificio histórico y cómo se ha comportado con el paso del tiempo, tanto el edificio original como los posibles volúmenes añadidos y las diferentes intervenciones que pudieran haberse acometido en él. Sin duda, el levantamiento gráfico, ya sea en papel o a través de CAD, sigue siendo una herramienta fundamental para analizar y entender técnica y constructivamente el edificio sobre el que se trabaja, bien a nivel de proyecto como en fase de obra, así como para identificar y estudiar las patologías que presenta y que justifican la necesaria intervención. Pero no debemos olvidar que ese completo levantamiento gráfico requiere un cierto grado de especialización del técnico, tanto para la toma de datos (realización de los croquis, toma de medidas a cinta y/o con distanciómetro láser, completo reportaje fotográfico, obtención de ortoimágenes, análisis con termografía gráfica, uso del escáner láser...), como en el posterior análisis e interpretación de la numerosa documentación que se ha generado. Y muy especialmente cuando se ha utilizado el escáner láser, que no solo obliga a manejar correctamente los programas de procesado de datos, sino que debemos saber manejar y depurar la enorme cantidad de información que este método, tan rigoroso y preciso, proporciona inicialmente y que hay que depurar.

Pero debemos tener muy presente que trabajar en el Patrimonio Arquitectónico también implica tomar conciencia del valor y significado histórico, arquitectónico, simbólico y sociocultural de ese Patrimonio. Por tanto, el análisis previo y el exhaustivo reconocimiento histórico-constructivo, técnico, material y sociocultural del edificio en cuestión también es fundamental para realizar un correcto levantamiento gráfico y para determinar unos criterios de intervención rigurosos, sostenibles y que respeten y/o recuperen todos los valores culturales que atesora ese Patrimonio. Y para ello, la universidad debe proporcionar a los futuros técnicos que intervendrán en el Patrimonio Arquitectónico una base sólida y actualizada de conocimientos que les capaciten para comprender los principios y marcos teóricos de esta disciplina. Algo que ya en 1975 demandaba la *Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico* al recordar que "es absolutamente necesario contar con mejores programas de formación para que haya personal cualificado. Estos programas deberían ser flexibles, interdisciplinares e incluir cursos en los que se pueda adquirir experiencia práctica sobre el terreno".

Para intentar cubrir esta demanda formativa entre sus estudiantes, el Grado en Ingeniería de Edificación (en adelante IdE) por la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), incluye las asignaturas de "Restauración, rehabilitación, reparación y mantenimiento de edificios" (obligatoria de 3º curso) y "Patología y técnicas de restauración y conservación del Patrimonio Arquitectónico" (asignatura optativa). En teoría, estas dos asignaturas deberían servir para que el alumno adquiera unos conocimientos básicos y cierto grado de especialización sobre metodología y criterios de intervención para la conservación y restauración del Patrimonio Arquitectónico que, complementados con las prácticas laborales en un despacho profesional o en una empresa constructora especializada en restauración monumental, le capacitarán para el futuro ejercicio profesional como técnico especialista en Patrimonio Arquitectónico. Sin embargo, y superada la adaptación inicial que todo el mundo necesita cuando empieza su vida laboral, en la mayoría de los casos, las empresas constructoras y los despachos de arquitectura se quejan de ciertos déficits formativos (especialmente en los alumnos que no han cursado la asignatura optativa), y de la falta de iniciativa, pensamiento crítico y búsqueda de la excelencia, del trabajo bien hecho, de nuestros egresados, tanto ingenieros de edificación como arquitectos. Especialmente en las empresas constructoras, el estudiante en

prácticas laborales o el egresado, espera a que se le diga qué debe hacer, sin entender que su función es integrarse y colaborar activamente en las tareas cotidianas de las empresas, además de "descargar" de trabajo a sus jefes/compañeros. No acaba de entender que poner en práctica capacidades como el trabajo en equipo junto con la adaptabilidad, la creatividad, la resolución de problemas, la correcta toma de decisiones, la capacidad de liderazgo y, especialmente, el pensamiento crítico-constructivo son habilidades fundamentales para su éxito profesional en este mundo en continua transformación. Por tanto, debemos plantearnos cómo complementar la formación básica que se imparte en cada titulación y cómo promover y potenciar el desarrollo de esas habilidades entre nuestros alumnos.

Como se ha comentado, el *Aprendizaje Basado en Proyectos* (ABP), propone un aprendizaje activo, un "aprender haciendo" (Bernal-López, 2012). Algo que no es nuevo pues, por ejemplo, ya en la Edad Media los gremios de cantería y carpintería basaban la enseñanza y el aprendizaje en la transmisión oral de los conocimientos por parte del maestro y en la observación y práctica en taller y en la propia obra de oficiales y aprendices. Estos aprendían y se especializaban "haciendo", lo que también implicaba desarrollar, experimentar y explorar las posibilidades que los modelos básicos les proporcionaban.

En nuestro caso, el concepto *aprender haciendo,* enfocado al análisis e intervención en el Patrimonio Arquitectónico, se ha trasladado a la realización del Trabajo Fin de Estudios (TFE) pero con el desarrollo de una fase previa y complementaria en la modalidad de Alumno Interno del Departamento.

3. METODOLOGÍA. EL PROGRAMA "ALUMNO INTERNO" Y EL TFE

Las Normas Académicas de la UPCT incluyen la convocatoria anual del programa de Alumno Interno del Departamento, con el fin de que el alumnado tenga "un conocimiento más amplio del Departamento y de las materias que está cursando". Básicamente, el programa Alumno Interno se plantea como una posibilidad de especialización del alumno en alguno de los ámbitos del Grado que está cursando al colaborar con el profesor en la mejora de la documentación y los recursos formativos de la asignatura correspondiente. En nuestro caso, el objetivo siempre ha sido complementar la formación básica que el estudiante ha recibido en el ámbito del Patrimonio Arquitectónico, potenciando y desarrollando unos conocimientos y habilidades más específicos con los que conseguir un grado de especialización acorde a las demandas del mercado laboral, así como aumentar el archivo documental de edificios históricos de la Región de Murcia (fotografías, planos y características arquitectónicas y patrimoniales de los inmuebles) para la asignatura de "Restauración, rehabilitación, reparación y mantenimiento de edificios" del Grado en Ingeniería de Edificación (asignatura dependiente del Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación de la UPCT). De acuerdo con el profesor responsable y desde un enfoque teórico-práctico, el Alumno Interno adscrito a la citada asignatura inicia el programa seleccionando un edificio histórico sobre el que trabajar (preferentemente con la protección como Bien de Interés Cultural o, al menos, incluido en el Catálogo de Edificios Protegidos por el PGOU correspondiente), y teniendo en cuenta que el resultado final de su "aprendizaje activo" será la elaboración y defensa ante tribunal de un TFE, en la modalidad específico y técnico-científico, enfocado al análisis integral (histórico, constructivo, sociocultural y del estado de conservación) y propuestas de intervención en ese edificio.

Que el resultado final del programa Alumno Interno sea la elaboración y defensa de un TFE está plenamente justificado si tenemos en cuenta que el *Reglamento de Trabajos Fin de Estudios en la ETSAE* establece que éste debe plantearse como "una herramienta fundamental para consolidar la adquisición de competencias por parte de los estudiantes, siendo en algunos casos la única actividad formativa en la que se pueden abordar determinadas competencias transversales recogidas en los planes de estudios". Es decir, el citado Reglamento reconoce que la elaboración de un TFE (habría que añadir que especialmente si se trata de un trabajo en la modalidad específico y técnico-científico), se convierte en la mejor herramienta para que el estudiante pueda consolidar, potenciar y desarrollar los conocimientos adquiridos en el Grado, además de las competencias básicas y habilidades transversales que facilitarán su especialización y la futura inserción del egresado en un mercado laboral tan dinámico y competitivo como el actual. Algo que también ocurre con el programa de prácticas en empresa, muy enfocado a que el estudiante de último curso tenga una experiencia profesional, lo más enriquecedora posible, y que le facilite su inserción en el mercado de trabajo (Raposo-Rivas & Zabalza-Beraza, 2011). Además, trabajar en el análisis de edificios históricos de la Región de Murcia y, si es posible, de la ciudad donde reside el estudiante, con el desarrollo del concepto y metodología de *aprender haciendo*, contribuye sin duda a potenciar la necesaria concienciación y sensibilización sobre los muchos valores arquitectónicos, sociales y culturales que atesoran estos edificios. Al trabajar sobre un edificio

ubicado en su localidad, el estudiante no solo toma conciencia del valor patrimonial del inmueble, también consolida y afianza el sentido de identidad, respeto y necesidad de conservación de éste (Cárcel-García, 2012) y de construcciones similares, algo fundamental en la elaboración del TFE, así como para su futuro profesional, al sentirse mucho más preparado, técnica y humanamente, para el análisis e intervención en el Patrimonio Arquitectónico.

Como se ha comentado, la metodología seguida para desarrollar el programa Alumno Interno ha sido la conocida como ABP, aprendizaje activo o *aprender haciendo*. Un método de enseñanza muy apropiado para esta actividad al estar centrado en la importancia de que el alumno aprenda por sí mismo. Por ello, su propia actitud (motivación, compromiso, implicación, dedicación…) crea la base del aprendizaje, haciendo que este proceso sea más efectivo y gratificante, tanto para el profesor-tutor como para el propio estudiante (Bernal-López, 2012).

Una vez elegido el edificio sobre el que desarrollar el trabajo y teniendo en cuenta que el programa solo durará un cuatrimestre, además de que la metodología de elaboración de un TFE específico sobre Patrimonio Arquitectónico está muy definida y probada en TFE ya elaborados (análisis integral y propuesta de intervención), el alumno debe planificar su trabajo. Debe saber o aprender a organizarse y gestionar el tiempo, *su* tiempo, teniendo muy en cuenta que tiene que haber un equilibrio entre el tiempo dedicado al desarrollo del trabajo y el dedicado a su bienestar personal. Una carga de trabajo adecuada, con una planificación clara, aunque flexible, y adaptada a la situación personal del estudiante es una de las claves del éxito o fracaso de esta actividad. El alumno puede estar compaginando este estudio con un trabajo profesional (algo muy habitual en los casos en que al alumno solo le falta elaborar y defender el TFE para finalizar sus estudios), o con la dedicación a otras asignaturas del Grado que aún tiene que superar (normalmente no más de dos asignaturas). Por tanto, el profesor-tutor debe ser comprensible con estas situaciones, pero también debe estar vigilante para que la motivación y compromiso del alumno no se vean afectados por un exceso de trabajo o una planificación excesivamente ambiciosa y que no tiene en cuenta todos esos condicionantes. Un alumno motivado y comprometido es siempre más participativo, más receptivo a ideas/propuestas, más creativo, trabaja más y mejor, se preocupa por la calidad del trabajo que realiza y potencia un pensamiento crítico-constructivo que le será muy útil en su futuro profesional y en su desarrollo como persona (Collado-Espejo & Marín-Sánchez, 2006).

Por ello, las tutorías presenciales son una herramienta fundamental para el correcto desarrollo del trabajo. La relación entre profesor-tutor y alumno debe ser fluida y basada en el respeto y confianza, solo así el alumno podrá plantear sus propuestas de trabajo (base del *aprendizaje activo*), potenciando habilidades que van más allá de la formación técnica, como son la capacidad de comunicación, la resolución de problemas, la creatividad e innovación, la toma de decisiones y liderazgo, la autoevaluación… Las tutorías presenciales deberán planificarse y ajustarse a la evolución del trabajo y las situaciones personales del alumno, pero nunca se debería renunciar a ellas. En algunos casos, la tutoría semanal no podrá realizarse, pero al menos cada dos semanas debería haber un contacto directo entre profesor-tutor y alumno, y así poder hacer un análisis conjunto del trabajo que se está realizando. En algunos casos, plataformas como TEAMS pueden facilitar esa interacción entre profesor-tutor y alumno pero, por nuestra experiencia, deben considerarse como último recurso. La presencialidad física, que no virtual, es muy importante para el correcto control de la actividad y la implicación del alumno. Además, estas tutorías deben servir para que el alumno participe activamente y se sienta respetado y valorado, potenciando así su motivación y compromiso. Especialmente al inicio del programa, el profesor puede considerar que la orientación del trabajo y/o su ritmo de realización no es el adecuado, por lo que deberá saber "canalizar" estos aspectos, pero siempre desde el respeto al alumno y evitando que éste se sienta menospreciado y se desmotive. El alumno debe sentir que su opinión es tenida muy en cuenta y su participación es fundamental; está *aprendiendo haciendo*. Por todo esto, las tutorías presenciales, como base para la realización de revisiones periódicas y de control de calidad del trabajo, deben considerarse como fundamentales para el correcto desarrollo del trabajo que, insistimos, en el futuro será un TFE, y de los objetivos educativos y humanos que se pretenden conseguir con el programa Alumno Interno.

Otro de los aspectos a tener muy en cuenta es el de la búsqueda, recopilación y procesado de todo tipo de información. Manejar y procesar mucha y variada información de un edificio monumental (histórica, constructiva, sociocultural…), no suele ser sinónimo de entenderla. Además, este exceso de documentación puede "bloquear" al alumno, especialmente cuando hay contradicciones en la información recabada. Por tanto, esta actividad debe ayudarle a aprender a buscar en fuentes documentales contrastadas y a

seleccionar y procesar correctamente la documentación. En este sentido, el uso excesivo y, en ocasiones, casi exclusivo de herramientas de IA debe considerarse como muy negativo, pues la dependencia de esta tecnología reduce la creatividad y el pensamiento crítico-constructivo del estudiante. En nuestro caso, tanto para el programa Alumno Interno como para la tutorización y realización del TFE, el uso de herramientas de IA ha estado siempre muy limitado (por no decir prohibido). La búsqueda de información se ha centrado en fuentes documentales contrastadas (libros, revistas científicas, archivos, informes técnicos, proyectos…), así como en la información verbal ofrecida por propietarios y usuarios del inmueble. Aunque en el caso de la información verbal, el alumno, en su faceta de investigador, debe contrastar la información y tener una actitud reflexiva, crítica y hasta desconfiada respecto a toda esa información. Además, cuando el edificio analizado ha tenido algún tipo de intervención, el alumno debe contactar con la dirección facultativa, la empresa constructora y el promotor de las obras para conocer el por qué y el cómo de esas intervenciones. Con ello, podrá compartir opiniones y conocimientos con profesionales, en una experiencia que le será muy enriquecedora y motivadora para él, potenciando así su capacidad de comunicación, de síntesis y, especialmente, sus habilidades en las relaciones interpersonales. Toda esta información, bien procesada, proporciona al alumno un amplio conocimiento del edificio, especialmente cuando ese conocimiento es el resultado de la reflexión que éste ha sido capaz de realizar. Solo así el alumno será capaz de entender y asimilar los muchos y variados valores patrimoniales del edificio monumental sobre el que está trabajando, que serán la base para que pueda establecer una metodología y criterios correctos de intervención (conservación, restauración o rehabilitación) para el edificio en cuestión. Esto último se considera muy importante pues, una vez defendido el TFE, el alumno entrega, en formato pdf, el trabajo al propietario del edificio con la intención de que sirva como documento base para la posterior elaboración de un Proyecto de intervención en el inmueble estudiado.

4. RESULTADOS. LA ELABORACIÓN Y DEFENSA DEL TFE

Como consecuencia de este acercamiento real al Patrimonio Arquitectónico y Cultural que permite el programa Alumno Interno del Departamento, en los últimos años todos los alumnos de IdE de la UPCT que participaron en este programa, bajo el amparo de la asignatura “Restauración, rehabilitación, reparación y mantenimiento de edificios”, terminaron sus estudios de Grado en Ingeniería de Edificación desarrollando un TFE, en la modalidad de Trabajo Específico, completando el estudio técnico-constructivo iniciado con el desarrollo del citado programa. Además, varios de ellos obtuvieron reconocimiento en los *Premios del Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de la Región de Murcia (COAATIEMU) a TFG/TFM* por la calidad de sus trabajos. El COAATIEMU concibe estos premios como “un medio de reconocimiento a los Trabajos de Fin de Grado (…) poniéndolos en valor y dotándoles de visibilidad de cara a la óptima incorporación de los autores al mundo laboral”, por lo que se premia “la investigación e innovación en áreas de competencia de los grados que conducen a la profesión de Arquitecto Técnico, la incorporación de nuevas tecnologías en edificación, la prevención de errores y reducción de la siniestralidad en el proceso constructivo, así como cualquier estudio que redunde en un beneficio para el sector de la edificación y la práctica profesional de los Arquitectos Técnicos”.

A estos premios puede concurrir cualquier colegiado/a del COAATIEMU, así como cualquier recién egresado/a de la UPCT, Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM) u otras universidades politécnicas de España con TFE relacionados con la edificación en la Región de Murcia. Y en las tres primeras ediciones, el 1° premio recayó en TFE realizados por alumnos de IdE de la UPCT, que habían participado del programa Alumno Interno y que desarrollaron su TFE con la metodología de trabajo iniciada en este programa educativo. En la primera convocatoria, año 2017, el 1º premio recayó en el egresado D. Francisco Jesús Ondoño Llorente por el TFE con título ″Arquitectura tradicional en Cehegín. El Hospital de la Real Piedad. Análisis histórico, constructivo y de patologías. Propuesta de intervención", y el 3º premio en D. Juan Fernández Del Toro por el TFE "Las murallas medievales de Mula (Murcia). Estudio integral y propuesta de restauración de la muralla del albacar". En el año 2018, el 1º premio fue para el trabajo "Balneario Floridablanca en San Pedro del Pinatar. Análisis histórico-constructivo y de patologías. Propuesta de intervención", del egresado D. Francisco Javier Tárraga Martínez que, además, obtuvo un reconocimiento a nivel nacional al ser galardonado con el 3° Premio en la *Primera Edición de los Premios a Trabajos de Fin de Grado que concede el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España*. Así mismo, ese mismo año el 2º premio recayó en el TFG con título "Edificios ferroviarios en el término municipal de Mula. Análisis histórico-constructivo y de patologías. Propuesta de intervención", desarrollado por D. Francisco José Huertas Fernández. Y en el año 2019, el 1º premio recayó en D. Víctor San Bernardo Hernández por el trabajo

"Rehabilitación de la arquitectura histórica. Análisis integral de los trabajos de rehabilitación de pabellones del Cuartel de Artillería en Murcia". En ediciones posteriores, varios alumnos han sido también premiados, siendo el último egresado en IdE por la UPCT en recibir el 1º premio D. Francisco Ángel Molina Zarco, en 2024, con el TFE con título "Arquitectura tradicional en Cehegín. La Casa del Concejo o Casa-Cárcel. Análisis integral, propuesta de ampliación y accesibilidad".

Por tanto, unos reconocimientos a la calidad de estos TFE, pero también a todo lo que aporta el programa de la UPCT Alumno Interno del Departamento como base para la formación técnica y humana del estudiante y el posterior desarrollo del TFE. El programa Alumno Interno y su desarrollo basado en la metodología del aprendizaje activo o *aprender haciendo* ha demostrado ser una importante herramienta para desarrollar y potenciar competencias genéricas y específicas del estudiante en IdE. Además, al complementarse con la posterior elaboración de un TFE específico que analice un edificio monumental, este programa se muestra como un recurso didáctico y formativo de primer orden para potenciar y desarrollar la sensibilización y especialización de los futuros técnicos en el campo de la investigación, intervención y puesta en valor del Patrimonio Arquitectónico.

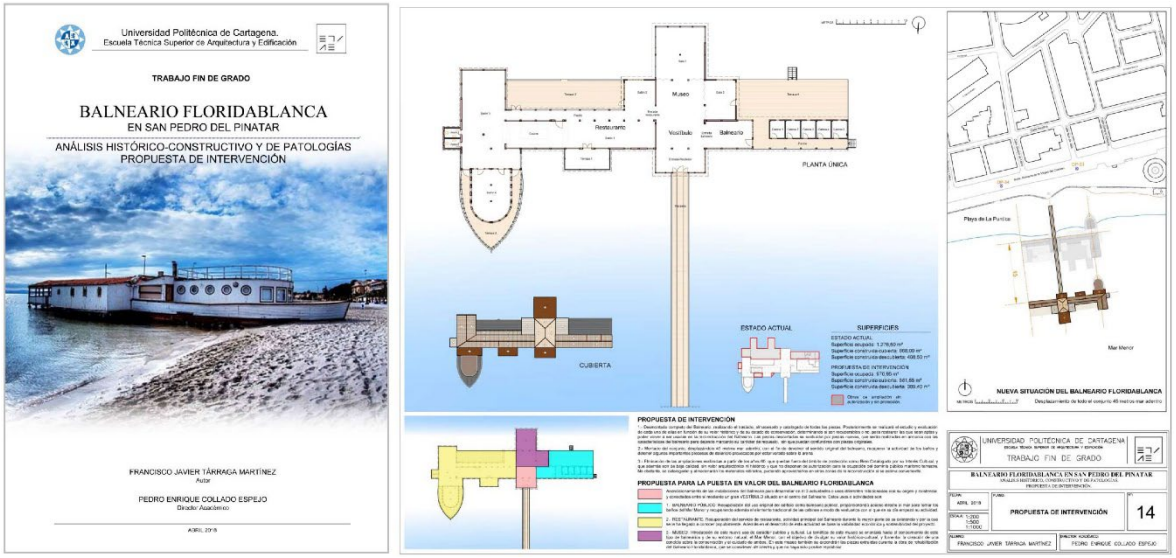


Figura 1. Portada (a la izquierda) y plano nº14 con análisis de características y propuesta de reubicación de la construcción del TFE *Balneario Floridablanca en San Pedro del Pinatar. Análisis histórico-constructivo y de patologías*, premiado por el COAATIEMU y por el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.

5. ALGUNAS CONCLUSIONES

Como se ha comentado, el actual mercado laboral, muy dinámico, competitivo y en constante evolución, demanda profesionales con conocimientos y habilidades prácticas acordes al trabajo a desarrollar, pero también que sean capaces de adaptarse a nuevas situaciones y de enfrentarse a nuevos retos. Por tanto, desde el ámbito universitario se hace imprescindible el uso de metodologías de aprendizaje que ayuden a formar estudiantes que sean capaces de aprender por sí mismos. Las clases magistrales y el profesor como gran protagonista del proceso de enseñanza son cosas del pasado. Ahora se impone el aprendizaje activo. El profesor pasa a ser un tutor, un guía del proceso que favorece el aprendizaje activo, el *aprender haciendo*, del alumnado. Un modelo educativo que obliga al estudiante a asumir que es el máximo responsable de su proceso de aprendizaje y adquisición de conocimientos, habilidades y competencias que le permitirán ejercer la profesión para la que se está formando. Pero también el profesor, en su labor de tutor, debe estar comprometido con este modelo y fomentar e incentivar la participación activa del estudiante.

En este sentido, el programa Alumno Interno del Departamento, que recogen las Normas Académicas de la UPCT, se muestra como una oportunidad de implantación de este *aprender haciendo*. La elección del edificio histórico sobre el que trabajar, la planificación y gestión del tiempo por parte del alumno, así como la correcta búsqueda y procesado de la información son básicas para el desarrollo del trabajo, pero también que el alumno se sienta respetado y valorado por el profesor, que sienta que sus opiniones se tienen en cuenta. Y si el profesor-tutor considera que el desarrollo del trabajo no es el correcto (por mala planificación, objetivos demasiado ambiciosos, poca dedicación y/o implicación del alumno…), deberá reconducir el trabajo

del alumno, pero siempre desde el respeto y confianza mutua. Para ello, entendemos que las tutorías presenciales son fundamentales y nunca se debe renunciar a ellas; son el espacio idóneo para el diálogo, la exposición y confrontación de opiniones y el control de calidad del trabajo que se está realizando. Además, debemos insistir en el peligro que, en nuestra opinión, supone el excesivo uso de herramientas de IA, especialmente en la etapa de formación universitaria. La irrupción de la IA en la enseñanza universitaria es ineludible, los alumnos ya la utilizan con cierta regularidad, pero en nuestro caso, para el desarrollo del programa Alumno Interno y en la posterior elaboración del TFE, su uso se ha reducido al máximo para potenciar el pensamiento crítico-constructivo, la resolución de problemas, la adaptabilidad, la creatividad y la capacidad de innovación del alumno.

Complementar el programa Alumno Interno del departamento con la realización de un TFE específico y técnico-científico se ha mostrado muy útil para alcanzar los objetivos del aprendizaje activo, del *aprender haciendo* que podemos resumir en conseguir que el alumno aprenda a aprender. Con esta metodología de aprendizaje y formación, el alumno debe ser capaz de integrar teoría y práctica y, en consecuencia, estará mejor preparado técnica y humanamente para enfrentarse a los retos de un mundo y un mercado laboral en constante evolución.

Para un técnico, trabajar en el Patrimonio Arquitectónico debe implicar tomar conciencia del significado arquitectónico y constructivo del edificio histórico, pero también debe ser muy consciente del valor histórico, documental y sociocultural de éste. Por ello, desde la Universidad se debe trabajar con los alumnos en este sentido. El conocimiento de materiales y técnicas constructivas históricas y su compatibilidad con materiales y técnicas contemporáneas es básico para proyectar y realizar una intervención de restauración y/o conservación monumental. Pero la base del trabajo debe ser el reconocimiento, sensibilidad y concienciación sobre el respeto a todos los valores que atesora ese Patrimonio Arquitectónico y Cultural y eso solo es posible desde un aprendizaje activo que promueva y estimule en los estudiantes esos valores. Un *aprender haciendo* que también debe implicar la reflexión sobre la necesidad de valorar y proteger todo tipo de Patrimonio. Algo que el programa Alumno Interno ayuda a fomentar y desarrollar entre los participantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agudo-Martínez, M.J. (2012). La metodología del ABP en un proyecto de innovación docente. En *XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación. Investigación gráfica y representación arquitectónica*. Valencia: Universitat Politècnica de València, pp. 809-814. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2381.5521

Bernal-López-Sanvicente, A. (2012). La intuición del módulo: una herramienta de aprendizaje. En *XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación. Investigación gráfica y representación arquitectónica*. Valencia: Universitat Politècnica de València, pp. 855-863.

Cárcel-García, C. (2012). Graphic representation as link generator of social change in perception on capital minor. En *XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación. Investigación gráfica y representación arquitectónica.* Valencia: Universitat Politècnica de València, pp. 870-863.

Collado-Espejo, P.E. (2011). Autogestión del aprendizaje en el estudio del Patrimonio Arquitectónico: la experiencia del Taller de Restauración Monumental de la UPCT. En *Congreso Internacional de Innovación Docente*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena y Universidad de Murcia, pp. 330-331 (Abstrat). http://hdl.handle.net/10317/2305

Collado-Espejo, P.E. (2021). El PFG como herramienta para la especialización en análisis integral y difusión del Patrimonio Arquitectónico. En *I Congreso de Escuelas de Edificación y Arquitectura Técnica de España*. Valencia: Universitat Politècnica de València, pp. 339-351. doi: https://doi.org/10.4995/EDIFICATE2021.2021.13396

Collado-Espejo, P. E. & Marín-Sánchez, R. (2006). Enseñar a restaurar y conservar desde la Universidad: el Taller de Restauración Monumental, en *Actas del V Congreso Internacional Restaurar la Memoria, vol.2,* Valladolid: Junta de Castilla y León, pp. 1075-1088.

ETSAE. *Reglamento de Trabajos Fin de Estudios en la ETSAE. Universidad Politécnica de Cartagena.* (Aprobado en Consejo de Gobierno del 26 de febrero de 2020).

Raposo-Rivas, M. & Zabalza-Beraza, M.A. (2011). La formación práctica de estudiantes: repensando el Practicum. En *Revista de Educación*, 354. Madrid: Ministerio de Educación, pp. 17-20. https://www.educacionfpydeportes.gob.es/revista-de-educacion/numeros-revista-educacion/numeros-anteriores/2011/re354/re354-01.html

UPCT. *Normas Académicas de la Universidad Politécnica de Cartagena. Título V. Ordenación Docente. Artículo 34. Estudiantes internos de un departamento* (Normas aprobadas en Consejo de Gobierno del 11 de marzo de 2020).

DE LOS PROBLEMAS RESUELTOS AL APRENDIZAJE ACTIVO: UNA PROPUESTA INTERACTIVA PARA LA ENSEÑANZA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

FROM WORKED EXAMPLES TO ACTIVE LEARNING: AN INTERACTIVE PROPOSAL FOR TEACHING IN BUILDING ENGINEERING

Josep Ramon Lliso-Ferrando[(1)], Adrián Llorca-Sanchís[(2)], José Manuel Gandía-Romero[(3)], Manuel Valcuende[(4)]

[1] Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, jollife2@arq.upv.es
[2] Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, adllosan@alumni.upv.es
[3] Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, joganro@csa.upv.es
[4] Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, mvalcuen@csa.upv.es

RESUMEN

Actualmente, la enseñanza en el área de Ingeniería en Edificación se enfrenta al desafío de transitar desde metodologías tradicionales hacia enfoques pedagógicos activos, centrados en el estudiante y orientados al desarrollo de competencias clave. Entre las prácticas convencionales más extendidas destaca el uso sistemático de "problemas resueltos", que, si bien resultan útiles en fases iniciales del aprendizaje, tienden a limitar el pensamiento crítico, la creatividad y la transferencia del conocimiento a contextos reales. Este modelo promueve una asimilación pasiva, centrada en la memorización y reproducción mecánica de procedimientos, lo cual es insuficiente en disciplinas como la arquitectura técnica, donde la toma de decisiones, la resolución de problemas abiertos y la integración de múltiples variables son fundamentales.

En este contexto, la incorporación de herramientas interactivas surge como una estrategia eficaz para transformar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas permiten al estudiante explorar múltiples soluciones, ofrecerle retroalimentación inmediata y adaptarse a su ritmo de aprendizaje, favoreciendo así la construcción activa del conocimiento. Además, propician el desarrollo de habilidades metacognitivas al facilitar la reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje y la identificación de fortalezas y áreas de mejora.

El presente trabajo expone el diseño y aplicación de una herramienta interactiva orientada a la transmisión de los conocimientos necesarios para conocer los métodos para la elaboración de dosificaciones de hormigón adaptadas al actual Código Estructural y con unas necesidades predeterminadas. La propuesta, basada en principios de evaluación formativa, permite al estudiante autoevaluarse en tiempo real, analizar sus errores y consolidar los conceptos fundamentales a partir de una retroalimentación orientativa. De este modo, se promueve una formación más autónoma, significativa y alineada con los requerimientos de un entorno profesional en constante evolución. Además, esta herramienta cuenta con la ventaja de poder adaptarse a otros contextos y unidades didácticas.

Palabras clave: *herramientas interactivas, autoevaluación, autonomía, metacognición, dosificación del hormigón*

ABSTRACT

Currently, education in the field of Building Engineering faces the challenge of transitioning from traditional methodologies to more active, student-centred pedagogical approaches focused on competence development. One of the most widespread conventional practices is the systematic use of worked examples, which—although valuable in the early stages of learning—tend to limit critical thinking, creativity, and the transfer of knowledge to real-world contexts. This model encourages passive assimilation, relying on memorisation and the mechanical reproduction of procedures, which proves inadequate in disciplines such as technical architecture, where decision-making, open-ended problem solving, and the integration of multiple variables are essential.

In this context, the incorporation of interactive tools emerges as an effective strategy for transforming the teaching–learning process. These tools allow students to explore multiple solutions, receive immediate feedback, and progress at their own pace, thereby promoting the active construction of knowledge. Moreover, they foster the development of metacognitive skills by encouraging reflection on the learning process itself and helping learners identify both their strengths and areas for improvement.

This paper presents the design and implementation of an interactive tool aimed at providing the foundational knowledge required to understand the methods for producing concrete mix designs, in accordance with the current Structural Code and specific predefined requirements. Grounded in formative assessment principles, the proposed tool enables students to self-assess in real time, analyse their mistakes, and consolidate key concepts through guided feedback. In doing so, it promotes more autonomous and meaningful learning, aligned with the demands of a constantly evolving professional environment. Furthermore, the tool is adaptable to other contexts and teaching units.

Keywords: *interactive tools, self-assessment, autonomy, metacognition, concrete mix*

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la enseñanza en el ámbito de la Ingeniería de Edificación ha experimentado una progresiva transformación impulsada tanto por los cambios estructurales en el sistema universitario europeo como por las nuevas demandas de la sociedad y del mercado profesional. El perfil del egresado del Grado en Arquitectura Técnica —igual que en otras muchas ingenierías y grados técnicos— ya no se define exclusivamente por sus conocimientos técnicos, sino también por su capacidad para tomar decisiones fundamentadas aplicadas a la práctica, trabajar de forma colaborativa, adaptarse a situaciones complejas, y aprender de manera autónoma a lo largo de toda su vida profesional (González & Wagenaar, 2003; Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación [ANECA], 2005). Sin embargo, esta transformación contrasta, en muchos casos, con la existencia y persistencia de metodologías docentes tradicionales, centradas en la transmisión pasiva de contenidos, especialmente en asignaturas con un enfoque técnico, como aquellas centradas en el dimensionamiento y cálculo de estructuras, conocimiento de materiales o tecnología de la construcción (Reyes & Gálvez, 2011). En este contexto, y por circunstancias de tiempo o ratios docente-estudiantes, la metodología de los "problemas resueltos" se mantiene como una de las estrategias más utilizadas en la práctica docente. Este planteamiento consiste en presentar al estudiante una secuencia de ejercicios tipo que reproducen de forma mecánica un procedimiento determinado, habitualmente acompañado de una única solución correcta, con el objetivo de que el estudiante lo imite o lo memorice. Si bien esta aproximación puede ser útil en fases iniciales del aprendizaje, estudios recientes han demostrado que promueve una comprensión superficial del conocimiento, limita el pensamiento crítico y reduce significativamente la transferencia del saber a contextos nuevos o reales (Martín-Gutiérrez et al., 2013; Biggs & Tang, 2011; Atkinson et al., 2000).

Este enfoque tradicional favorece a aquellos estudiantes capaces de llevar a cabo la repetición, la memorización y la reproducción, sobre la exploración y la construcción activa del conocimiento. No obstante, desde las aportaciones del constructivismo y, más recientemente, del conectivismo en entornos digitales, se ha puesto de manifiesto que el aprendizaje significativo y duradero requiere de la implicación activa del estudiante, la conexión de los nuevos conocimientos con sus experiencias previas, y la posibilidad de reflexionar sobre el propio proceso de aprendizaje (Ausubel, 1968; Siemens, 2005; Membrive et al., 2021). Desde esta perspectiva, las metodologías activas —como el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje por proyectos, el aprendizaje cooperativo o el uso de simuladores y herramientas interactivas—

se presentan como alternativas pedagógicas más eficaces para el desarrollo de competencias profesionales en los estudios de Ingeniería (Prince, 2004; Freeman et al., 2014; Sukkar, et al., 2023). Estas metodologías colocan al estudiante en el centro del proceso formativo y lo convierten en protagonista de su propio aprendizaje, promoviendo habilidades transversales como la resolución de problemas abiertos, la toma de decisiones en contextos inciertos, el razonamiento crítico y la autorregulación (Chi & Wylie, 2014; Nicol & Macfarlane-Dick, 2006).

Particularmente relevante en este escenario es el papel de las tecnologías digitales aplicadas a la docencia universitaria. El uso de recursos interactivos y plataformas de aprendizaje adaptativo ha permitido avanzar hacia modelos educativos más flexibles, inclusivos y personalizados, que se adaptan al ritmo y estilo de aprendizaje de cada estudiante. En este sentido, diversas investigaciones han evidenciado los beneficios del uso de herramientas interactivas en el aula de ingeniería: mejora del rendimiento académico, incremento de la motivación, reducción del abandono, y mayor grado de satisfacción con la experiencia de aprendizaje (Pérez-Pueyo et al., 2020; Brouwer et al., 2023).

En el caso concreto de la enseñanza de contenidos técnicos vinculados a la tecnología del hormigón —como es la dosificación de mezclas conforme al Código Estructural vigente (Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2021)—, el uso de herramientas interactivas se presenta como una oportunidad pedagógica particularmente prometedora. La dosificación del hormigón implica la consideración simultánea de múltiples variables (tipo de cemento, relación agua/cemento, áridos, aditivos, resistencia característica, ambiente de exposición, etc.) y exige del estudiante una capacidad de análisis, síntesis y toma de decisiones que no se estimula adecuadamente mediante la mera resolución de ejercicios preconfigurados.

Frente a este modelo tradicional, la propuesta que en este trabajo se presenta se enmarca en una línea metodológica innovadora centrada en la creación de una herramienta interactiva diseñada específicamente para la enseñanza y el aprendizaje del proceso de dosificación de hormigón. Esta herramienta permite al estudiante introducir diferentes parámetros, analizar el impacto de sus decisiones, recibir retroalimentación inmediata y explorar múltiples soluciones posibles, en lugar de limitarse a reproducir un procedimiento único. La interactividad favorece la exploración, el ensayo-error, la comprensión profunda de los conceptos, y el desarrollo de habilidades metacognitivas, como la reflexión sobre el propio rendimiento y la identificación de errores. Asimismo, esta iniciativa responde a los principios de la evaluación formativa, en tanto que ofrece al estudiante información continua sobre su desempeño, le permite autoevaluarse y orientar sus esfuerzos de mejora (Black & Wiliam, 2009). Al fomentar la autonomía y el aprendizaje autorregulado, esta herramienta se alinea también con las recomendaciones de las agencias de calidad universitaria, que abogan por una enseñanza más centrada en el desarrollo de competencias que en la mera transmisión de contenidos (ANECA, 2007).

En suma, la propuesta que se desarrolla en esta comunicación busca contribuir a la mejora de la docencia en el ámbito de la Ingeniería de Edificación mediante la implementación de una herramienta interactiva para la enseñanza de la dosificación de hormigón. Esta propuesta se fundamenta en los principios del aprendizaje activo, la evaluación formativa y el uso pedagógico de las tecnologías digitales, con el fin de superar las limitaciones del enfoque tradicional de “problemas resueltos” y avanzar hacia modelos más eficaces, inclusivos y alineados con los retos actuales del entorno profesional y educativo.

2. OBJETIVOS

La propuesta para la mejora docente recogida en este trabajo se centra en el desarrollo de herramientas interactivas para una formación activa del estudiante que favorezca su propia autoevaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje, centro todo ello en el área de diseño y cálculo de dosificaciones de hormigón. Todo esto se aborda a través del uso de soluciones tecnológicas inmersivas. Los objetivos específicos de esta propuesta se resumen en los siguientes puntos:

- detectar las limitaciones del enfoque tradicional basado en problemas resueltos en la transmisión de los conocimientos necesarios para el diseño de dosificaciones de hormigón, a partir del análisis de prácticas docentes habituales y del rendimiento académico de los estudiantes;
- desarrollar una herramienta digital interactiva que permita al estudiante introducir parámetros reales y recibir retroalimentación inmediata sobre sus decisiones durante el cálculo de dosificaciones, todo ello teniendo en cuenta las limitaciones y recomendaciones vigentes;

- fomentar el aprendizaje activo y autónomo mediante el uso de una plataforma que facilite la autoevaluación y el aprendizaje por ensayo-error, potenciando habilidades metacognitivas;
- evaluar la eficacia de la herramienta en términos de mejora del rendimiento académico, comprensión conceptual y percepción del estudiante sobre el proceso de aprendizaje propuesto;
- implementar la herramienta propuesta en un entorno virtual que favorezca la experiencia del estudiante;
- valorar la viabilidad de la aplicación de esta herramienta a otros contenidos curriculares relacionados con la tecnología de los materiales y las estructuras en edificación.

3. METODOLOGÍA

La presente propuesta docente se enmarca en un Proyecto de Innovación y Mejora Educativa (financiado por la Universitat Politècnica de València, PIME/24-25/430) desarrollado en el ámbito universitario, cuyo eje central ha sido el diseño, creación y validación de entornos de aprendizaje interactivos y constructivos en asignaturas de Construcción, tanto en el Grado en Fundamentos de la Arquitectura, como en el Grado en Arquitectura Técnica. Este programa abordaba la necesidad de buscar nuevas herramientas que permitieran al estudiante tener un aprendizaje activo, constructivo y favoreciera su autoaprendizaje. El programa surge de un análisis profundo de los últimos cursos donde se encontró un gran vacío en este sentido. La iniciativa concreta que se presenta en este trabajo, centrada en el desarrollo de una herramienta para el diseño y cálculo de dosificaciones de hormigón ha sido impulsada además como parte de un Trabajo Final de Grado (TFG) del Grado en Fundamentos de la Arquitectura. Todo esto ha permitido integrar objetivos pedagógicos, técnicos y formativos en un solo proceso de desarrollo aplicado.

3.1 Enfoque metodológico

Desde el punto de vista metodológico, el proyecto ha adoptado un enfoque basado en el aprendizaje activo y el desarrollo de competencias digitales, combinando elementos de la metodología del aprendizaje basado en proyectos (ABP) con una perspectiva constructivista. La elección del TFG como marco de acción responde a la voluntad de involucrar al estudiante no solo como receptor, sino como co-creador de herramientas pedagógicas, favoreciendo su implicación en un proceso real de innovación educativa con impacto en la docencia. El proceso se desarrolló en tres fases sucesivas: diseño conceptual, desarrollo técnico y validación educativa.

3.2 Diseño conceptual de la herramienta

En la fase inicial se definieron los requisitos funcionales y pedagógicos de la herramienta. El diseño se concibió con el objetivo de reproducir de forma interactiva el proceso completo de cálculo de la dosificación de hormigón para distintas condiciones de exposición, prestaciones mecánicas y características de los materiales. Este esquema se podría asemejar a la plantilla de la que los estudiantes disponen para afrontar ejercicios de cálculo de dosificaciones de hormigón armado. Existen numerosos métodos para llevar a cabo estos cálculos, pero debido a que el método propuesto por Carlos De La Peña basado en resistencias es el más utilizado en el aula, fue este con el que se trabajó (Pérez Val, C. & Martín De La Fuente, A., 2015, Rodríguez Saiz, A. & Pérez Val, C., 2018). Se estableció una estructura modular y secuencial por pasos, que reproduce el flujo lógico seguido habitualmente en la práctica profesional (y docente).

El diseño pedagógico de la interfaz se basó en los siguientes principios:

1. descomposición por fases del proceso de cálculo, permitiendo al estudiante avanzar progresivamente y reflexionar sobre cada decisión tomada;
2. retroalimentación inmediata y orientativa, con explicaciones complementarias en caso de error o incoherencias en los datos introducidos;
3. control autónomo del ritmo de aprendizaje, sin necesidad de supervisión directa del docente;
4. diseño accesible y multiplataforma, ejecutable desde navegadores estándar sin necesidad de instalación.

Asimismo, se consideró la integración de ayudas contextuales, botones de información adicional, glosario técnico, gráficos, o alertas, y una función de reinicio en cada etapa, lo cual refuerza la experiencia de

aprendizaje guiado y autoevaluativo (aunque en la primera versión de la herramienta de cálculo no fueron completamente introducidas).

3.3 Desarrollo técnico

La implementación de la herramienta se realizó íntegramente mediante programación en HTML, CSS y JavaScript, empleando una arquitectura web estática con gran capacidad de personalización. El código fuente supera las 5.000 líneas de desarrollo, estructuradas en múltiples bloques funcionales que controlan la navegación, los formularios de entrada, la validación de datos, los cálculos intermedios y la generación de resultados.

Cada uno de los pasos del proceso está encapsulado en una sección dinámica del entorno web, con lógica interna de validación de coherencia y consistencia entre datos. Además, se diseñó un sistema interno de gestión de errores y avisos personalizados, que no solo señala qué dato es incorrecto, sino que sugiere posibles causas y proporciona pistas para su corrección.

El desarrollo técnico fue acompañado por una fase de pruebas internas centradas en la estabilidad del sistema, la usabilidad en distintos dispositivos y navegadores, y la fiabilidad de los cálculos. Para ello, se utilizaron múltiples escenarios simulados con distintos conjuntos de datos de entrada.

A continuación, se detallan de manera resumida, los diferentes apartados en los que se estructuró la aplicación para seguir una estructura lógica y enmarcada en la estructura del método propuesto por Carlos De La Peña (Pérez Val, C. & Martín De La Fuente, A., 2015, Rodríguez Saiz, A. & Pérez Val, C., 2018).

3.3.1 *Introducción de datos*

La primera de las opciones que se puede encontrar un estudiante al acceder a la aplicación desarrollada es la introducción de datos. En la Figura 1 se muestra esta primera interfaz. Como se puede ver, el abanico de posibilidades que abarca la aplicación permite dosificar casi cualquier tipo de hormigón. Como datos base, se solicita la tipificación (de acuerdo con el Código Estructural), tipo de cemento a emplear, posibilidad de introducir aire ocluido, adiciones (ceniza volante o humo de sílice, únicas permitidas por el Código Estructural) y los áridos que se emplearán (incluyendo datos como humedad de estos, tamaños, tipología referida a rodados o triturados o densidad). Además, la aplicación permite trabajar con dos áridos (arena y grava) o tres áridos (arena, grava y gravilla). Por otro lado, otra de las variables que el programa contempla son las condiciones de hormigonado o el ambiente de exposición, ya que todo ello puede condicionar el resultado final de la dosificación. El último dato que el programa solicita es el volumen de hormigón que se precisa fabricar. Una vez introducidos todos los datos, la aplicación permite calcular directamente la dosificación pulsando el botón “calcular”.

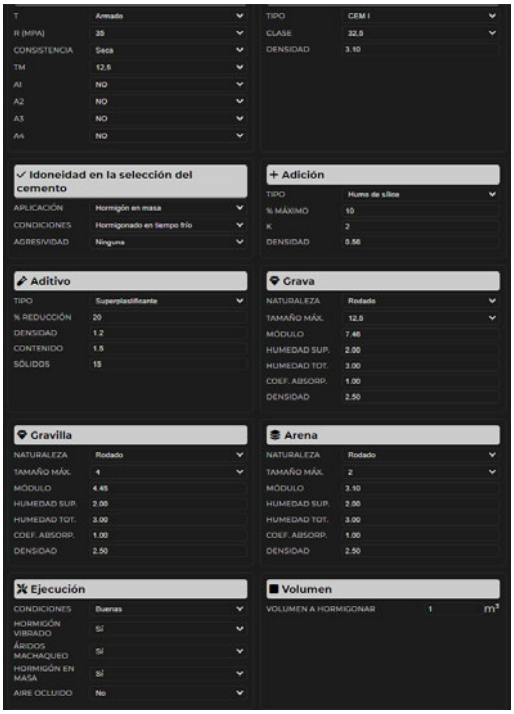


Figura 1. Introducción de datos.

3.3.2 *Cálculo de la dosificación de la pasta*

Siguiendo el método propuesto por Carlos De La Peña, la primera parte del cálculo de una dosificación de hormigón es determinar la mezcla de la pasta, es decir, cantidades de agua, cemento, relación agua-cemento, y cantidad de adición en el caso de que se introdujera en la pestaña de introducción de datos. Entre las ventajas que esta aplicación incluye, son los avisos y recomendaciones que facilita durante el cálculo. En este caso, además de las cantidades de cada componente de la dosificación, el programa ha sido incluido para analizar si la resistencia a compresión deseada (resistencia característica), y si la mezcla cumple el contenido de cemento mínimo o la relación agua-cemento con los máximos establecidos en el Capítulo 9 del Código Estructural (Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2021). Además, el programa fue preparado para alertar (Figura 2) respecto a la selección del cemento. El Código Estructural, en su Anejo 6 (Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2021, recoge una serie de recomendaciones en torno a la selección de cemento. En este apartado, se presentan diferentes supuestos y un resumen de los cementos más adecuados, basados en anteriores Reales Decretos, como el RD 256/2016, recientemente actualizado mediante el RD 320/2024. Entre los avisos, se recogen señales indicando la adecuación o no del cemento al uso, ambiente o condiciones de puesta en obra, pero también se incluyen recomendaciones de cementos que pueden ser más óptimos que el introducido en la pestaña de datos.

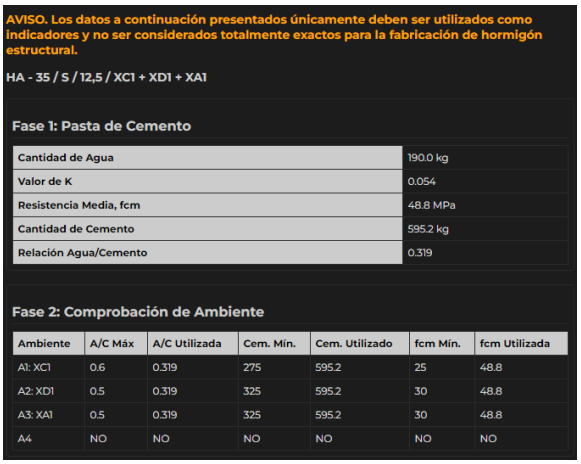


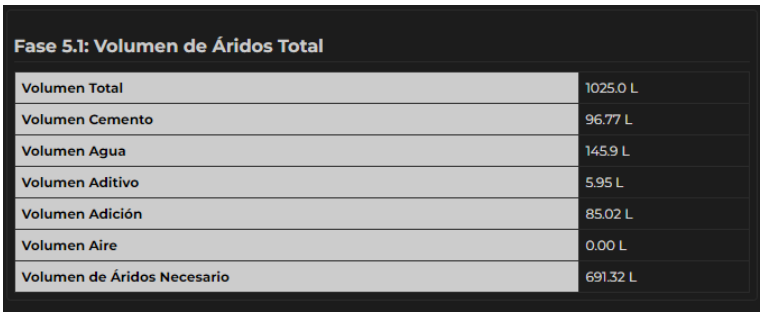
Figura 2. Dosificación de la pasta, y recomendaciones en torno a la selección del cemento.

3.3.3 *Introducción de aditivos*

Una vez determinada el peso de agua, cemento y adición si la hubiera, el programa está programado para estimar la cantidad de aditivo (en el caso de que haya sido indicado en la pestaña de "introducción de datos"). Actualmente, el programa solo permite introducir superplastificantes, aunque está previsto seguir ampliando el abanico de posibilidades que se ofrece. En este caso, a partir del volumen de agua que reduce, la densidad del producto, y aspectos como el contenido de sólidos y líquidos del compuesto, el programa aportará una nueva dosificación de la pasta corrigiendo los datos obtenidos en la fase previa. Entre las ventajas del método de cálculo que el programa emplea, destaca que el sistema es capaz de corregir excesos de reducción de agua, para mantener la cantidad de cemento mínimo o la relación agua-cemento.

3.3.4 *Volumen y peso de los áridos*

Siguiendo el método propuesto por Carlos De La Peña, la siguiente fase de cálculo abarca todo lo referente al cálculo del volumen de áridos total y el volumen de cada tipo de árido empleado. En este caso, el proceso de cálculo se basa en un método gráfico, sin embargo, el programa incluye un proceso de cálculo matemático que automatiza todo ello. De esta forma, con las curvas propuestas por Carlos De La Peña, y teniendo en cuenta el tamaño de cada tipo de árido, se determina el porcentaje de árido necesario para cada arena o grava, y el volumen al que corresponde este porcentaje. A partir de ello, y teniendo en cuenta la densidad de los áridos, el programa aporta un dato final correspondiente al peso de cada árido (Figura 3).



Fase 5.1: Volumen de Áridos Total

Volumen Total	1025.0 L
Volumen Cemento	96.77 L
Volumen Agua	145.9 L
Volumen Aditivo	5.95 L
Volumen Adición	85.02 L
Volumen Aire	0.00 L
Volumen de Áridos Necesario	691.32 L

Figura 3. Estimación de volumen y peso de los áridos.

Por último, en esta fase de cálculo, están introducidas todas las correcciones que se deben llevar a cabo correspondientes a si el hormigón es en masa o no, si se va a vibrar o no, o incluso si existe alguno de los áridos que se vaya a emplear que sea de tipo rodado.

3.3.5 *Dosificación "ideal" y dosificación "final"*

La última fase de cálculo abarca la presentación de la dosificación ideal para un metro cúbico de hormigón. Sin embargo, esta dosificación se define como "ideal", ya que no considera la posible humedad introducida por los áridos o si se desea introducir aire ocluido. A partir de los datos introducidos de partida, el programa corrige esta dosificación "ideal" aportando una dosificación final con todas las correcciones necesarias. Debe señalarse que esta dosificación "final" es para un metro cúbico de hormigón (Figura 4).



Figura 4. Dosificación "ideal" y dosificación "final".

3.3.6 *Resultados*

La última de las pestañas que el programa facilita son los resultados, es decir, las cantidades de cada material empleado para la fabricación del hormigón definido durante la introducción de datos, teniendo en cuenta el volumen que se desea fabricar. Esta pestaña, además de estos datos finales, permite introducir alertas o recomendaciones, como en el caso de que se emplee una cantidad de cemento superior a 400 kg/m^3 o 500 kg/m^3, ya que el Código Estructural, aunque no lo impide, recomienda tomar precauciones, sobre todo en lo que a curado se refiere. Además de todo ello, el programa está preparado para presentar también los datos en formato gráfico, lo que permite hacer todo el desarrollo mucho más visual e interactivo (Figura 5).

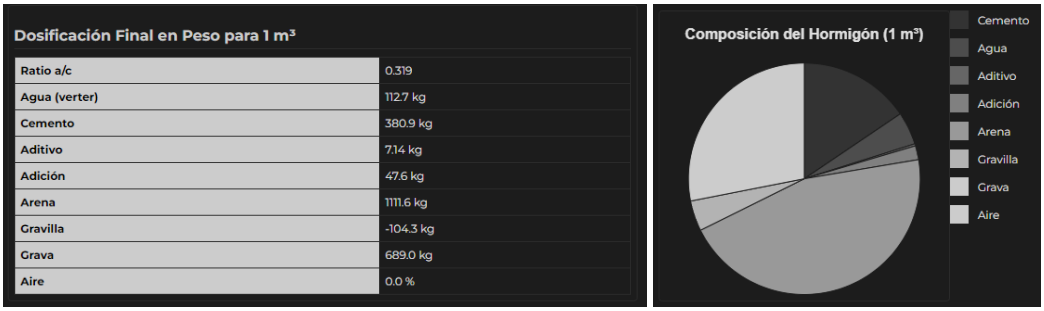


Figura 5. Resultados.

Entre otras características adicionales, la aplicación fue preparada para adaptarse a diferentes dispositivos, como ordenadores, teléfonos móviles o tabletas, incrementando su versatilidad.

4. RESULTADOS: VALIDACIÓN EN CONTEXTO DOCENTE

Una vez desarrollada la aplicación, se procedió a su integración en el contexto real del aula universitaria. La herramienta fue empleada de manera piloto en la asignatura de "Construcción III" del Grado en Fundamentos de la Arquitectura, durante el curso 2024-2025. El objetivo de esta fase era valorar tanto el funcionamiento técnico como la eficacia pedagógica del recurso.

Con el objetivo de dinamizar su uso, y hacer la aplicación más atractiva, esta fue alojada en el espacio virtual desarrollada por los docentes que componen el PIME que financia este trabajo. Para ello, se construyó un espacio virtual que los estudiantes pudieran recorrer inspirado en uno de los laboratorios de investigación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València. El espacio real fue recreado mediante programas como AutoCad, ArchiCad y UnrealEngine, tanto con el objetivo de construirlo virtualmente, como dotarlo de texturas y vida para que pudiera ser interactivo.

En la Figura 6 se recogen una serie de capturas de pantalla del espacio virtual y la herramienta de cálculo diseñada. El objetivo de esta herramienta es servir como plataforma donde integrar los diferentes recursos que se generen en los próximos cursos. Actualmente, junto con la herramienta descrita en este programa,

existen otros recursos como anejos al temario visto en aula, donde se profundiza en diferentes aspectos o se introducen actividades de refuerzo, o herramientas de cálculo complementarias, como programas para estimar retracción o cálculo de flecha.

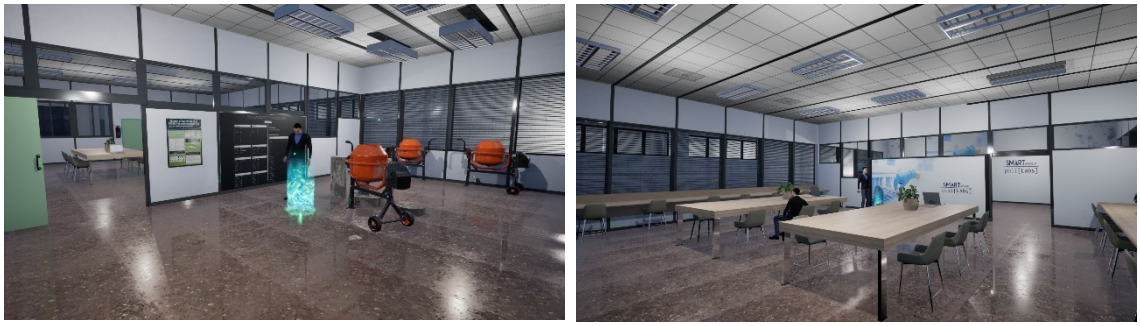


Figura 6. Resultado final: plataforma virtual y recursos disponibles.

La herramienta se puso a disposición de un grupo de estudiantes a través del campus virtual de la universidad, acompañada de una breve guía de uso y una pequeña descripción en el aula. La participación fue voluntaria, aunque se incentivó como parte de las actividades de refuerzo y autoevaluación. Además, se introdujeron sobre todo refuerzos relacionados con la última parte del curso, favoreciendo y motivando su uso. Durante este periodo, se recogieron datos de uso anónimos, así como valoraciones cualitativas a través de un cuestionario de satisfacción. Estos datos permitieron detectar que la opinión del estudiante respecto a la herramienta concreta que este trabajo recoge y las otras introducidas en el espacio virtual, así como la plataforma donde se alojaron. En la mayoría de los casos destacó que el grado de satisfacción era alto, aunque en la mayoría de los casos reconocieron e identificaron aspectos de mejora que a continuación se señalan.

4.1 Posibilidades de adaptación, mejora y escalabilidad

Uno de los logros destacados de la iniciativa ha sido el desarrollo de una herramienta fácilmente adaptable a otros contextos formativos. Dado que la lógica del sistema está construida sobre una estructura modular, es posible reutilizar su arquitectura para otras aplicaciones relacionadas con cálculos estructurales, dimensionamiento de elementos constructivos o incluso en otras disciplinas de la ingeniería civil.

Asimismo, la herramienta puede ser implementada como recurso en línea para el autoaprendizaje fuera del aula, lo que la convierte en una estrategia útil no solo para formación inicial, sino también para formación continua y actualización profesional. Sin embargo, en el contexto docente, un aspecto de mejora clave puede ser la limitación de los resultados. Actualmente, el programa permite introducir unos datos y recibir unos resultados, lo que al estudiante puede condicionarle. Sin embargo, si el programa solo aportara los datos una vez el estudiante hubiera introducido los suyos, favorecería su autoevaluación y aprendizaje. Esta mejora, ya se ha implementado en otras herramientas de cálculo, y se ha detectado que ayuda mucho más al estudiante.

También se debe señalar que los estudiantes que han utilizado la plataforma virtual completa han señalado también opciones de mejora como la posibilidad de incluir ayudas, sobre todo en el espacio que pueden recorrer, ya que para el docente que lo crea le puede resultar familiar, pero no al resto de los usuarios.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo recoge la descripción del proceso de diseño llevado a cabo para desarrollar una herramienta de apoyo al estudiante en el área de cálculo de dosificaciones de hormigón. Se trata de una parte del temario densa y cuya componente práctica es muy difícil de abordar en su totalidad en el aula debido al amplio abanico de posibilidades que abarca. Sin embargo, con esta herramienta, los estudiantes pueden, a su ritmo, plantear problemas y obtener resultados de manera que se generen sus propios problemas facilitando el estudio.

Entre las ventajas detectadas, se debe señalar la novedad que supone esto entre los estudiantes, más si cabe si se aloja en un entorno virtual, interactivo y constructivo que permite abarcar muchos otros recursos. Sin embargo, entre los inconvenientes, se debe señalar el tiempo que exige del docente para prepararlo. Además, se debe tener en cuenta también las limitaciones en cuanto a programación o desarrollo que pueden tener los docentes que elaboren este tipo de herramientas. A pesar de todo ello, actualmente, la aplicación

está en uso, aunque permite mejoras que se espera sean implementadas en el presente curso: posibilidad de autoevaluación en los ejercicios, nuevas herramientas y aplicaciones o mejoras en la plataforma virtual en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANECA (2005). Libro blanco del título de grado en Ingeniería de la Edificación. Madrid: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. https://www.aneca.es/documents/20123/63950/libroblanco_jun05_edificacion.pdf/c7a27074-cb27-d316-b9a0-15b50a00562c?t=1654601777930

ANECA (2007). Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje. Madrid: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. https://www.nebrija.com/unidad-tecnica-de-calidad-nebrija/pdf/guia-apoyo-resultados-aprendizaje.pdf

Atkinson, R. K., Jerry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. Review of Educational Research, 70(2), 181-214. https://doi.org/10.3102/00346543070002181

Ausubel, D. P. (1968). Educational Psychology: A Cognitive View. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Biggs, J., & Tang, C. (2011). Teaching for Quality Learning at University (4th ed.). Maidenhead: McGraw-Hill/Open University Press. ISBN: 13: 978-0-33-524275-7

Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 21(1), 5–31. https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5

Brouwer, N., Korthagen, F. A. J., & Brekelmans, M. (2023). Designing feedback to support active learning in technology-enhanced environments. Educational Technology Research and Development, 71(2), 499–518. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2_11

Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. Educational Psychologist, 49(4), 219–243. https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

González, J., & Wagenaar, R. (Eds.). (2003). Tuning Educational Structures in Europe: Final Report. Phase One. Universidad de Deusto. https://doi.org/10.15581/004.5.26536

Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D., & Ortega, M. (2013). Improving academic performance and motivation in engineering education through the use of Augmented Reality tools. Computers & Education, 64, 1–12. https://doi.org/10.1007/978-3-642-22095-1_102

Membrive, A., Nieto, M., & Solari, M. (2021). Enseñar a reflexionar: Estrategias y experiencias que utilizan la reflexión para promover aprendizajes con sentido. Cuadernos de Pedagogía, Sección Experiencia.

Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, Gobierno de España (2021). Código Estructural.

Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. Studies in Higher Education, 31(2), 199–218. https://doi.org/10.1080/03075070600572090

Pérez-Pueyo, Á., Díez-Herrera, M., & López-Pastor, V. M. (2020). Tecnologías aplicadas a la evaluación formativa en educación superior. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 23(2), 185–203.

Pérez Val, C. & Martín De La Fuente, A. (2015) Manual de Dosificación de Hormigones (I). ISBN: 9788492681518.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. Journal of Engineering Education, 93(3), 223–231. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x

Reyes, E., Gálvez, J. C. (2011). Introduction of Innovations into the Traditional Teaching of Construction and Building Materials. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 137(1): 28-37. https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000033

Rodríguez Saiz, A. & Pérez Val, C., (2018) Manual de problemas de dosificación de hormigones II. Problemas resueltos según los métodos de Bolomey y de la Peña. ISBN: 978-84-16283-52-1

Siemens, G. (2005). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2(1), 3–10. https://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm

Sukkar, A., Yahia, M. W., Mushtaha, E., Maksoud, A., Buhashima Abdalla, S., Nasif, O., & Melahifci, O. (2024). Applying active learning method to improve teaching outcomes in architectural engineering courses. *Open House International*, 49(1), 205-220. https://doi.org/10.1108/OHI-10-2022-0259

MEJORANDO EL APRENDIZAJE DEL EMPRENDIMIENTO A TRAVÉS DE EXPOSICIONES DE PÓSTERES: ESTUDIO DE CASO EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN DE LA UPV

ENHANCING ENTREPRENEURSHIP LEARNING THROUG POSTER EXHIBITIONS: A CASE STUDY AT THE SCHOOL OF BUILDING ENGINEERING AT UPV

Elena Navarro-Astor[(1)], M. Luisa Nolé-Fajardo[(2)], Igor Fernández-Plazaola[(3)]

[1] Universitat Politècnica de València, Valencia, España, enavarro@omp.upv.es

[2] Universidad Internacional de Valencia, Valencia, España, mnolef@professor.universidadviu.com

[3] Universitat Politècnica de València, Valencia, España, iplazaola@doe.upv.es

RESUMEN

Este estudio describe y analiza los resultados de una exposición de pósteres sobre emprendimiento organizada en la asignatura de Economía del Grado en Arquitectura Técnica de la Universitat Politècnica de València. Las percepciones y valoraciones del estudiantado se recogieron mediante entrevistas escritas semiestructuradas a 43 participantes. Se les pidió que identificaran sus puntos fuertes, sugirieran mejoras, comentaran sus beneficios prácticos y dieran una valoración global del 1 al 10. La mayoría del alumnado participante considera esta metodología una herramienta valiosa para profundizar en la materia, ya que les permite aplicar conceptos teóricos en un contexto práctico, mejorando su experiencia de aprendizaje. Además, reconocen su papel en el fomento de la creatividad y el trabajo en equipo. Parte de la muestra considera que exponer públicamente su trabajo les motiva a mejorar su rendimiento, mientras que otra parte ve la iniciativa como una preparación para el futuro. Sin embargo, algunos participantes consideran que la exposición carece de visibilidad y atractivo, por lo que sugieren reubicarla dentro de la escuela o ampliar su presencia en plataformas digitales. Otros opinan que el tiempo asignado a las actividades de emprendimiento es insuficiente, lo que afecta la calidad de su trabajo. Por ello, proponen comenzar los proyectos con mayor antelación, contar con más sesiones individuales para una mejor preparación y mejorar el apoyo docente. En general, el alumnado participante valora positivamente la iniciativa, otorgándole una puntuación media de 8,2.

Palabras clave: *arquitectura técnica, aprendizaje activo, educación en emprendimiento, exposición de pósteres.*

ABSTRACT

This study describes and analyzes the outcomes of an entrepreneurship poster exhibition organized within the Economics course of the Bachelor's Degree in Building Engineering at Universitat Politècnica de València. Student perceptions and assessments of this initiative were gathered through semi-structured written interviews with 43 participants. They were asked to identify the initiative's strengths, suggest improvements, discuss its practical benefits, and provide an overall rating from 1 to 10. Most students consider this methodology a valuable tool for deepening their understanding of the subject, as it allows them to apply theoretical concepts in a practical context, enhancing their learning experience. Additionally, they recognize its role in fostering creativity and teamwork. Some students find that showcasing their work publicly motivates them to improve their performance, while others view the initiative as preparation for their professional careers. However, some participants feel that the exhibition lacks visibility and appeal, suggesting either relocating it within the school or expanding its presence to digital platforms. Others think that the time

allocated for entrepreneurship activities is not enough, which affects the quality of their work. Hence, they propose to start earlier with the projects or to have more individual sessions to prepare better, and to improve teaching support. Overall, students rated the initiative positively, with an average score of 8.2.

Keywords: *active learning, Building Engineering, entrepreneurship education, poster exhibition*

1. INTRODUCCIÓN

Randstad Research (2023), en su informe "Jóvenes universitarios y empleabilidad", destaca el alto porcentaje de titulados en Arquitectura Técnica (AT) o Ingeniería de Edificación que trabajan por cuenta propia. Así, frente a una media de 8,7% en el conjunto de los egresados universitarios, un 19% de Arquitectos Técnicos es profesional independiente con o sin trabajadores a su cargo. Pérez et al. (2024) también subrayan que el peso de los autónomos es significativamente más alto en el campo de la Arquitectura Técnica que en el resto de la Rama de Ingeniería y Arquitectura. Así, los aspectos relacionados con el emprendimiento deberían jugar un papel fundamental en los estudios de grado.

De hecho, altos niveles de actividad emprendedora promueven la innovación, generan empleo e impulsan el crecimiento económico (Perez-Macias et al., 2023). Por eso, la Educación Superior resulta primordial en el desarrollo del espíritu emprendedor del estudiantado y en la creación de una cultura emprendedora que forme en las competencias transversales necesarias y no solo en conocimientos. La bibliografía sobre educación empresarial destaca la importancia de desarrollar la capacidad del estudiantado para tomar decisiones en situaciones muy ambiguas y con elevada incertidumbre (Balan & Melcafe, 2012). En consecuencia, los métodos de enseñanza que le implican activamente y le ayudan a navegar por las complejidades de la creación de nuevas empresas resultan valiosos.

En el caso de las asignaturas de creación de empresas y emprendimiento, es común organizar el aprendizaje de forma activa alrededor del desarrollo de un plan de negocio (Aprendizaje Basado en Proyectos) desarrollado en equipos de trabajo (Aprendizaje Cooperativo) (Llorente et al., 2023), con entrega en "formato tradicional" de documento de texto (Balan & Melcafe, 2012). Sin embargo, en muchos casos, la dimensión comunicativa del plan de empresa, tarea esencial en el proceso de creación de un negocio, no se trabaja lo suficiente con este formato y se limita a una presentación evaluada por el profesorado.

Ante esta situación, los autores de esta comunicación decidimos innovar y solicitar la entrega del plan de empresa en formato poster y organizar una exposición colectiva en la escuela que diera visibilidad a la actividad. La elección del póster como recurso docente para la innovación en la asignatura obedece a que permite trabajar tanto competencias generales del título, específicas de la asignatura de Economía como transversales (Martín Marchante & Cerezo Herrero, 2022). Además, no hay que olvidar el contexto del Grado de Arquitectura Técnica, donde la representación y transmisión de conceptos a partir de la elaboración de documentación gráfica – planos, dibujos, esquemas, etc. - desempeña un papel fundamental en las habilidades propias de la formación profesional del Arquitecto Técnico (Piedecausa-García et al., 2016), que en el poster se trabajan. Esta comunicación describe y analiza los resultados de una exposición de pósteres sobre emprendimiento organizada en la asignatura de Economía del Grado de Arquitectura Técnica de la Universitat Politècnica de València.

2. EL PÓSTER EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

El poster ha sido descrito como un guion gráfico de información (Castro-Rodríguez, 2022); también como una alternativa a la comunicación oral que permite presentar proyectos de investigación, ideas, resultados, planes, estrategias, etc. de un modo visual y gráfico (Rodríguez-González, 2018). Su principal ventaja es que permite ver el trabajo entero de un vistazo, de forma que el público capte rápidamente las ideas principales y luego se centre en los aspectos que desee.

Su uso como herramienta de transmisión y divulgación de resultados de investigación está ampliamente recogido en la literatura, pero en el campo docente universitario también se utiliza cada vez más (Rodríguez-González, 2018). Empezó a usarse como herramienta educativa en química y biología, extendiéndose luego a otras especialidades. Existen referencias sobre su aplicación en universidades españolas como la Universitat Politècnica de València (Martín Marchante & Cerezo Herrero, 2022), la Universidad de Sevilla (González-Romero & López-Casado, 2023), Universidad de Cantabria (Salcines-Talledo & González-Fernández, 2019), Universidad de Alicante (Nolasco-Cirugeda et al., 2016) y Universidad de Santiago de Compostela (Rodríguez-

González, 2018), entre otras. Asimismo, se han encontrado publicaciones sobre su utilización docente fuera de nuestras fronteras, en la Universidad de Talca en Chile (Canales & Schamal, 2013), el Tecnológico Nacional de México (Mejía & Kurita, 2023), una universidad privada peruana (Tavera et al., 2023), otra privada en Surakarta en Indonesia (Hidayati, 2025) y en la Universidad de los Andes en Venezuela (Fernández Rojas et al., 2022). Los grados en los que ha aplicado son diversos, destacando entre otros Ingeniería de Diseño de Producto, Telecomunicaciones, Geografía y Gestión del Territorio, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Informática Empresarial, Educación infantil y primaria, Ingeniería Civil y Arquitectura.

En general, casi todas estas experiencias docentes se encuadran dentro del ámbito de la propia asignatura que las organiza y no van más allá. Existen pocos casos en que además se organicen actividades colectivas que difunden el trabajo desarrollado por el alumnado fuera del contexto del aula. Es el caso de las exposiciones de pósteres que, además de contribuir a fijar los contenidos teóricos y prácticos tratados durante el curso, pueden servir como estrategia motivadora para que el alumnado se implique más con los resultados (González-Romero & López-Casado, 2023; Nolasco Cirugeda et al., 2016). A través de las exposiciones de pósteres, los estudiantes también pueden *"aprender del trabajo de otros y obtener nuevas perspectivas sobre sus propios proyectos, ver cómo otros han resuelto problemas similares y aprender de sus éxitos y errores"* (Mejía & Kurita, 2023: p. 8909), todo ello a su propio ritmo, siguiendo su propio recorrido. Este es el caso del trabajo que aquí se expone.

3. CONTEXTO: LA ASIGNATURA DE ECONOMÍA

Esta investigación se desarrolla en la asignatura "Economía", ubicada en Primer Curso, Primer Cuatrimestre del Grado de Arquitectura Técnica, con una Carga Docente de 7.5 créditos ECTS (European Credit System). Como consecuencia de la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), la asignatura ha ido evolucionando (Montaña et al. 2012, Fernández-Plazaola, 2021).

Tabla 1. Estructura básica de la asignatura Economía

Sesiones	Contenido	Metodología*
1-12	Micro & Macroeconomía	A
13-22	Contabilidad & Financiación	A
23	Emprendimiento: Desarrollo de la idea de negocio y plan de empresa La creatividad y los ecosistemas emprendedores Técnicas de generación de ideas (brainstorming, grupos focales …) y concreción de idea de negocio	A + B
24	Emprendimiento: Modelo de negocio y herramientas para su desarrollo Lean canvas y business model canvas	A + B
25	Emprendimiento: Plan de gestión Formas jurídicas y trámites de constitución Estructuras organizativas (organigrama)	A + B
26	Emprendimiento: Análisis de mercado Análisis del macroentorno (PEST/PESTEL) y del microentorno (Productos, clientes, competencia y proveedores) Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO)	A + B
27	Emprendimiento: Plan de marketing Marketing MIX (producto, precio, promoción y distribución) Aproximación a los competidores y al comprador	A + B
28	Emprendimiento: Plan económico Presupuesto de Tesorería, Balance de situación y Cuenta de resultados Posibilidades de financiación	A + B
29 -30	Resultado final	Presentación oral de paneles en el aula

*A: Actividades teóricas y prácticas, B: Aplicación de contenidos al proyecto académico de emprendimiento y tutorización del profesorado en aula, correspondiente a la última hora de cada sesión

Actualmente se estructura en dos bloques: Economía General y Gestión Empresarial en la Edificación (Navarro-Astor et al. 2021). El primero proporciona una comprensión básica del entorno económico actual, abarcando micro y macroeconomía, con un enfoque especial en la industria de la construcción y el mercado inmobiliario. En el segundo se abordan la financiación y la contabilidad, como parte esencial de la gestión económica de una empresa. Además, se tratan contenidos de emprendimiento y generación de modelos de negocio. Para ello, se aplican conocimientos de los bloques anteriores y se incluyen otros de creación empresarial como formas jurídicas de empresa, requisitos legales para su constitución, modelos de organización interna, así como decisiones relacionadas con el marketing y la viabilidad económica. Las 75 horas de clase presencial se organizan en 30 sesiones de 2,5 horas de duración cada una, de las cuales 12 se destinan a impartir el primer bloque y 18 al segundo (ver Tabla 1).

Estos contenidos se imparten combinando la exposición de teoría con la aplicación y resolución de ejercicios prácticos en el aula, individualmente y en equipos. No hay ninguna sesión que sea lección magistral íntegramente. Además, durante las 8 sesiones de emprendimiento, aparte de las actividades teórico-practicas, el alumnado desarrolla, en equipos de 4 a 5 integrantes, un proyecto académico consistente en la elaboración de un plan de negocio para una idea empresarial vinculada al sector de la edificación. De este modo aplican los conocimientos adquiridos durante la asignatura, con la tutorización del profesorado.

Hasta el curso 2021-22, la entrega del plan de negocio se pedía en formato tradicional, es decir, un texto escrito (Fernández-Plazaola, 2021). Pero en el curso 2022-23 se sustituyó por la elaboración de un poster A1 en el que debían sintetizarse los contenidos trabajados, y defenderlo oralmente en las 2 últimas sesiones de la asignatura frente a toda la clase (ver ejemplos en Figura 1).

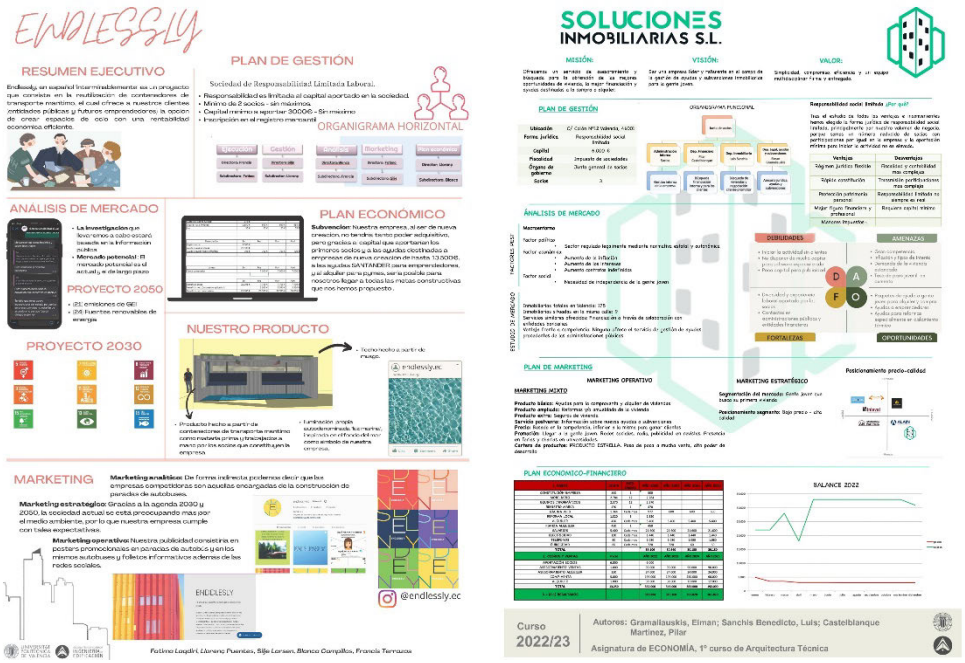


Figura 1. Ejemplos de pósteres de emprendimiento. Fuente: Gramaliauskis, E.; Sanchis-Benedicto, L.; Castelblanque-Martínez, P. (derecha) y Laqdiri, F.; Larsen, S.; Campillos, B.; Terrazas, F. (izquierda).

Además, como experiencia innovadora, con el fin de mostrar parte de los contenidos trabajados en la asignatura al alumnado matriculado en la asignatura del año siguiente, y a toda la escuela, decidimos organizar una exposición de pósteres titulada "¿Emprendemos? En 1º de AT ya estamos en ello". Para ello, solicitamos permiso a la Dirección de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE) para reservar el espacio del hall principal que, siendo zona de paso, tiene gran visibilidad. Esto implicó una limitación de espacio, en cuanto al número de pósteres que podían exponerse con calidad suficiente, y nos obligó a elegir solo a los equipos con los mejores resultados (33% de los entregados en la 1ª edición, 30% en la segunda). Así que el profesorado hizo una selección en base a las calificaciones obtenidas. Las características en cuanto al número de paneles expuestos y a las personas participantes pueden consultarse en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción de la exposición "¿Emprendemos? En 1º de A.T. ya estamos en ello"

Edición	Fecha exposición	Lugar	Nº de pósteres entregados	Nº de pósteres expuestos	Nº de estudiantes participantes	Nº estudiantes matriculados	Nº docentes y comisarios de la exposición
1ª	1 /12/2022 a 20/01/2023	Hall principal ETSIE	36	12	50	180	2
2ª	1/12/2023 a 18/01/2024	Hall principal ETSIE	56	17	75	227	3

Los posters expuestos no presentan contenidos exactamente iguales, pues se deja al alumnado cierta libertad para incluir los puntos preferidos que han trabajado durante las sesiones de emprendimiento. Solo existe una plantilla común para todos con formato vertical.

El profesorado involucrado valoramos positivamente la celebración de ambas exposiciones, pues consideramos que ha sido útil para el estudiantado, que ha podido ver y analizar ejemplos tangibles del resultado final. Además, la asignatura se visibilizó en la escuela durante un mes y medio en cada curso académico, mostrando a todo el alumnado, al profesorado y al PDI, algunas de las temáticas que tratamos en el aula (Figura 2). Asimismo, es una actividad directamente relacionada con la competencia transversal Innovación y Creatividad, de la que la asignatura es punto de control. No obstante, nos faltaba por conocer la opinión de otros colectivos: la de docentes de otras asignaturas de primero, la de la dirección de la ETSIE, y, sobre todo, la del propio alumnado. Esta comunicación recoge la visión del estudiantado.



Figura 2. Inauguración de la 1ª y 2º exposición. Fuente: https://www.instagram.com/accounts/login/?source=logged_out_megaphone_signup

4. METODOLOGÍA

La investigación sigue un enfoque cualitativo y es de carácter descriptivo-interpretativo. Las opiniones de los participantes se recogieron mediante redacciones escritas enviadas por correo electrónico, que respondían al siguiente guion de preguntas:

a) ¿Qué opinas en líneas generales sobre este tipo de iniciativas?
b) Identifica y comenta algunos aspectos positivos de dicha iniciativa
c) Identifica y comenta algunas sugerencias de mejora
d) ¿Cuál sería la utilidad o utilidades derivadas de esta iniciativa?
e) Del 1 al 10, ¿cuál sería tu valoración global de la exposición

La recolección de datos se realizó en julio de 2024, una vez terminado el segundo cuatrimestre y el periodo de exámenes. Por un lado, para el alumnado matriculado en la asignatura en el Curso Académico 2023-24, se incluyó el cuestionario como tarea en Poliformat, (plataforma docente utilizada en la UPV), y se envió anuncio informativo con los objetivos del estudio, asegurando la confidencialidad y el anonimato, y el empleo de la información únicamente con fines de investigación. Por otro, para quienes habían cursado la asignatura en años anteriores, se envió el mismo correo electrónico informativo añadiendo el listado de preguntas. También se contó también con el consentimiento informado del alumnado, cumpliendo así con los principios éticos que protegen los derechos y la seguridad de las personas participantes.

La idea inicial fue conseguir una muestra de estudiantes grande y diversa de la siguiente tipología:

Grupo A: matriculados en el Curso Académico 2023-24, que pudieron ver la 2ª Edición de la exposición con los mejores pósteres entregados el curso anterior.

Grupo B: matriculados en el Curso Académico 2022-23, que visualizaron la 1ª Edición con los mejores resultados del curso anterior y participaron en la 2ª edición con sus paneles.

Grupo C: matriculados en el Curso Académico 2021-22, que fueron los primeros en desarrollar el poster de emprendimiento, sin haber ejemplos previos, y pudieron participar en la 1ª Edición de la exposición en el curso siguiente.

Grupo D: matriculados en cursos previos (2019-20 y 2020-21), cuando el plan de empresa se presentaba en el formato tradicional. Pudieron ver las dos ediciones en calidad de antiguos alumnos.

Dado que cuando se contactó al alumnado para solicitar su participación el curso había terminado y muchos estaban de vacaciones, conseguir respuestas resultó complicado y el tamaño muestral fue de 43 estudiantes (Tabla 3). La participación fue mayormente femenina, suponiendo casi el 63.0% de la muestra. Por otra parte, el 60.0% de la muestra son estudiantes de los Grupos A y B, hecho normal pues son los alumnos que han cursado la asignatura más recientemente, frente al Grupo D que solo representan el 16.3% de la muestra.

Tabla 3. Descripción de la muestra

Tipo de alumnado	Hombres	Mujeres	Total	%
Grupo A	4	10	14	32
Grupo B	4	8	12	28
Grupo C	4	6	10	23.2
Grupo D	4	3	7	16.3
Total	16	27	43	100%

Para el análisis de los datos se utilizó la propuesta de Creswell (2009) que consta de 6 pasos: 1) Organización de los datos y preparación para el análisis, 2) Lectura repetida de los datos para obtener su sentido general, 3) Codificación, 4) Descripción del entorno, 5) Contextualización y localización de vínculos entre temas y 6) Interpretación de los datos. De acuerdo con el análisis temático y la investigación interpretativa, se presentan los principales temas que surgen de los datos, utilizando citas que hacen referencia al participante con un número, manteniendo así su anonimato. Se trata de una práctica bien establecida en los informes de investigación basados en narraciones (Leavy, 2014).

5. RESULTADOS

5.1 Opinión general y valoración global

La opinión de la muestra sobre esta iniciativa docente es en general favorable y positiva, obteniendo una media de valoración de 8,2, desviación típica de 1,24 y moda de 7 (valor más repetido). La mayoría destaca que les ha permitido entender mejor la materia y poner en práctica los conocimientos adquiridos en las sesiones de clase.

Además, subrayan la importancia de poder mostrar al resto del estudiantado y a todo el profesorado el trabajo realizado en el hall de la escuela, fuera de las aulas. El saber que su trabajo iba a ser público y visible colectivamente, les motivó a esforzarse más y a hacer un trabajo de calidad que causara buena impresión.

Fue muy útil poner en práctica lo que habíamos aprendido en clase trasladándolo a la realidad de un proyecto nuestro, y qué decir del orgullo de verlo expuesto este año en el hall de la escuela (Nº17, mujer, Grupo B).

Otra categoría de respuestas se relaciona con el impacto positivo que la actividad tiene en el desarrollo de varias competencias transversales que luego serán valoradas en el mercado de trabajo. Es el caso del trabajo en equipo, la comunicación oral, la creatividad y la capacidad de síntesis. Las siguientes palabras ilustran esta idea:

A través de esta iniciativa pude desarrollar habilidades como el trabajo en equipo, el pensamiento crítico, la creatividad y la presentación oral. Por estas y por muchas razones más considero que este tipo de iniciativas docentes son muy valiosas para que el aprendizaje sea más significativo (Nº6, mujer, Grupo B).

Para algunas personas resulta también útil desde el punto de vista del emprendimiento, tanto para quienes ya tienen clara su vocación emprendedora, como para los que todavía no se lo han planteado, pues es su primer contacto.

Me parece una propuesta muy interesante y motivadora para aquellos estudiantes que deseen entrar en el mundo del emprendimiento y también para aquellos que no conocen este mundo, el generar interés a través de este tipo de actividades es algo muy bueno para el estudiante (Nº 9, mujer, Grupo A).

Finalmente, otras se refieren a la actividad como *"un método de trabajo diferente que hace que la asignatura sea más dinámica"*, una *"forma distinta que se sale del marco habitual del aprendizaje"*, un *"método innovador, práctico y de aplicación eficiente"*, incluso un *"aire fresco"*. Todas estas percepciones relacionan la actividad con lo nuevo y novedoso, frente a la rutina de la lección magistral habitual.

Me parece muy ingeniosa, ya que es una actividad que nos ayuda a reflexionar sobre lo que es montar y dirigir una empresa con todo lo que ello conlleva, saliendo un poco de lo cotidiano que es que el profesor nos dé todo el material y nosotros solo nos ceñimos a escuchar (Nº31 mujer, Grupo B).

Lógicamente, también hay opiniones más utilitaristas que valoran el hecho de haber aprobado la asignatura gracias al trabajo, y personas que valoran la exposición como fuente de inspiración para elaborar sus propios paneles en base a los ejemplos expuestos.

5.2 Lo positivo

Muchos aspectos positivos se superponen con las ideas anteriores. Vuelven a aparecer las habilidades y competencias transversales como el trabajo en equipo, el hablar en público, y la creatividad: *"ayuda a desarrollar la creatividad y el ingenio para elegir el tipo de empresa y la actividad"*, *"se aprende bastante gracias a la imaginación y las ganas que le ponemos"*. Este desarrollo de la creatividad deriva sobre todo de la flexibilidad y la libertad con la que está diseñado el trabajo.

En la mayoría de proyectos que se proponen en la universidad los profesores te dan las instrucciones exactas sobre cómo y dónde trabajar, y si no es tal y como lo dijeron, fuera. En este tipo de proyectos donde tienes simplemente que imaginar lo que tienes que vender, sientes menos presión y se trabaja mejor Ninguna idea es mala a no ser que la presentes mal. Hay libertad y, aunque no sea la idea más brillante del mundo, la iniciativa permite el correcto desarrollo de proyecto y proyecta confianza a la hora de crear más cosas. (Nº 27, mujer, Grupo C).

Se identifica también la aplicación práctica de contenidos, que facilita la adquisición de conocimientos, mostrando las bondades del poster como recurso didáctico:

Incentivo de creatividad de la mano de la aplicación de conceptos teórico-prácticos y el desarrollo y puesta en práctica de las habilidades de oratoria y dicción de cara a la defensa de futuros proyectos ante espectadores (Nº 24, mujer, Grupo B).

De nuevo aparece también la visibilidad y el reconocimiento conseguido al ser elegido como participante en la exposición.

Motivación y afán de competición, que al final en la vida real compites contra el resto para que se exponga tu trabajo o proyecto y eso te permite más retribución o mejor posición laboral. Satisfacción, cuando pasas

por el hall ver un trabajo tuyo expuesto es interesante decir yo con mis compañeros de grupo he llegado aquí (Nº23, hombre, Grupo C).

5.3 Sugerencias de mejora

Diez estudiantes (23.0% de la muestra) no señalan ninguna, indicando por ejemplo que *"me parece una actividad muy bien organizada y planteada, nada que mejorar"* (Nº1), o que *"no tiene carencias porque tiene sus bases muy bien fundamentadas y ayuda a los estudiantes a entender la materia, para que poco a poco empiecen a expresas sus ideas"* (Nº 7). Dos estudiantes incluso proponen hacer lo mismo en otras materias de otros cursos y una alumna de mayor edad, valora la estrategia docente de emprendimiento, pero no con alumnado de 1º de Grado y en el Primer Cuatrimestre:

La mayor utilidad que se puede dar a esta iniciativa es dar visibilidad a una idea de negocio, que pueda ser vista por terceros y poder desarrollarla profesionalmente. Puede haber ideas muy buenas de emprendimiento, y si esto se hiciera en el último curso, alguna startup nacería en esta asignatura (Nº 41, mujer, Grupo D).

Las ideas para mejorar pueden englobarse en dos grandes bloques.

5.3.1 *Organización y seguimiento del trabajo*

Varios comentarios se relacionan con la escasez de tiempo asignado a esta parte de la asignatura, sugiriendo añadir más sesiones tipo taller para mejorar la calidad del trabajo entregado, anticipar los plazos de inicio de la actividad para evitar apuros y realizar tutorías por equipos para mejorar el seguimiento del desarrollo del poster. Hay que tener en cuenta que algunos grupos eran muy numerosos, con más de 70 matriculados, y de 15 a 20 equipos de trabajo gestionados por un único docente. De ahí que algunos planteen mejorar el apoyo docente, que el profesorado esté más pendiente y ayude más con las dudas y problemas que surgen. Un par de alumnos piden aumentar la exigencia y seriedad del trabajo y premiar más el esfuerzo.

Lógicamente, quien no tuvo ejemplos previos de pósteres que consultar (Grupo C), comenta que les hubiese gustado haber visto trabajos previos porque iban perdidos con la forma de presentación de los datos.

Se sugiere también mejorar la gestión de los equipos y realizar evaluaciones más equitativas. Recordemos que cuando se trabaja en equipo siempre aparecen desacuerdos que dificultan y ralentizan el trabajo. Una alumna sugiere que los equipos sean creados por el profesorado, pues "al ser elegidos por los alumnos hay muchos problemas dentro de los mismos" (Nº26, mujer, Grupo B). Se propone hacer un seguimiento de las contribuciones de cada miembro o dar la opción de trabajar de forma individual.

Cada semana puntuar a tus compañeros de grupo y que se hiciera un seguimiento hasta el final del proyecto. Muchas veces 1 o 2 personas se suelen escaquear o no aportan casi nada al grupo, y eso como alumna nos hace sentir que tenemos que encargarnos de más cosas y que luego todo mi esfuerzo se lo está llevando alguien que sin hacer apenas nada consigue lo mismo que yo (Nº 20, mujer, Grupo B).

En cuanto al emprendimiento como contenido, se pide mayor conexión con el mundo laboral y aparece la necesidad de conocer ejemplos reales sobre el funcionamiento de la empresa. Se desearía conocer de primera mano a empresarios para resolver inquietudes, recibir consejos y aprender de sus experiencias. A algunos la fase de ideación se les queda corta:

Es fácil crear una empresa que sabes que no vas a hacer y cuando tienes recursos prácticamente ilimitados, me refiero a buscar utilidad real, hacer útil el proyecto dentro de la escuela mismo o algo que luego se pueda seguir usando o proyectando. Por ejemplo, el mejor proyecto luego se va a llevar a cabo dentro de la escuela y los estudiantes pues tendrán que buscar clientes, generar ingresos o algo así. (Nº23, hombre, Grupo B).

5.3.2 *La exposición de paneles*

Se señala su escasa visibilidad en el hall de la escuela y se recomienda buscar un mejor emplazamiento, además de mejorar su señalización y promoción para aumentar la afluencia de visitantes diversos. Hay propuestas de repartirla por toda la escuela o de pasarla al formato digital de mayor impacto potencial:

Los posters en el hall de la escuela ciertamente se ven muy bonitos, pero son pocos los estudiantes que se detienen a analizarlos (…) Aconsejaría migrar dicha exhibición al campo digital, promover y promocionar la actividad utilizando las plataformas y redes sociales, las cuales están actualmente a mayor alcance del estudiantado y quizás llamen más su atención (Nº 24, mujer, Grupo B).

Considerando que los pósteres expuestos eran resultado del trabajo del alumnado de años previos, no eran perfectos y algunos presentaban errores que no estaban debidamente señalados. Así, se sugiere indicar la nota obtenida junto a cada panel, y mostrar las correcciones para que todo lo expuesto sea correcto y puedan verse los fallos con facilidad. De otro modo:

"A *lo mejor tú te inspirabas en alguno pensando que estaba bien, pero cuando llega la corrección de tu trabajo te das cuenta que no estaba bien esa inspiración" (Nº 11, mujer, Grupo A).*

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Coincidiendo con Nolasco-Cirugeda et al. (2016), la organización de actividades colectivas que difunden el trabajo elaborado por el alumnado fuera del aula, como la exposición "¿Emprendemos? En 1º de AT ya estamos en ello", no sólo ayuda a consolidar los contenidos teóricos y prácticos de emprendimiento impartidos, sino que también sirve como estrategia para incentivarles para implicarse en mayor medida con los resultados. Así, consideramos que el aprendizaje del emprendimiento sí ha mejorado gracias a la aplicación práctica que supone el desarrollo del plan de negocio en este medio discursivo multimodal que es el poster. Pero los resultados positivos van mucho más allá.

Martín Marchante & Cerezo Herrero (2022), González-Romero & López-Casado (2023) y Nolasco-Cirugeda et al. (2016), señalan que el póster sirve de vehículo para la adquisición de competencias transversales que son ampliamente valoradas por las empresas y resultan fundamentales en el mercado de trabajo. A la luz de los resultados obtenidos, la elección del póster como instrumento para la implementación de esta experiencia innovadora ha resultado ser pertinente, pues los participantes reconocen los avances y desarrollo en su habilidad para hablar en público, el trabajo en equipo, el pensamiento analítico y la creatividad. El alumnado ha aprendido a realizar un producto acabado, con una estructura lógica y una coherencia interna, ha adquirido habilidades para presentar adecuadamente sus trabajos, se ha entrenado en el trabajo en equipo y ha defendido públicamente sus trabajos.

Se han planteado recomendaciones en la intervención educativa como mejorar en tiempo asignado y planificación, seguimiento de los trabajos y supervisión de las aportaciones individuales al trabajo en equipo. Todo esto se vincula con la dotación de profesorado con que cuenta la asignatura y la elevada ratio de alumno por docente. En la medida en que esta ratio se reduzca podrá mejorarse la organización de la actividad y la dedicación del profesorado a cada equipo. En cuanto a la exposición, en base al feedback del alumnado, se revisarán a fondo los paneles a exponer garantizando la ausencia de errores. Y se intentará pasarla a formato digital para darle mayor difusión en las redes sociales, además de celebrarse en la escuela en formato físico. La invitación de emprendedores del Sector de la Edificación para que compartan su experiencia con el alumnado está también en el programa de mejoras a implementar el próximo curso.

En conclusión, la experiencia desarrollada ha evidenciado que, aunque sujeta a mejoras que se implementarán en los próximos cursos, sirve de vehículo para nuevas Metodologías Activas de Aprendizaje, y motiva al alumnado que se siente más comprometido con los contenidos docentes de emprendimiento.

Debido a los problemas generados por las inundaciones de la DANA del 19 de octubre de 2024, todavía no ha podido celebrarse la 3ª Edición con el alumnado que cursó la asignatura en el Curso Académico 2023-24. Sin duda se hará en el próximo Curso 2025-26.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balan, P. & Metcalfe, M. (2012). Identifying teaching methods that engage entrepreneurship students. *Education + Training*, 54(5), 368-384. ISSN-0040-0912 http://dx.doi.org/10.1108/00400911211244678

Canales, T. & Schmal, R. (2013). Trabajando con pósteres: una herramienta para el desarrollo de habilidades de comunicación en la educación de pregrado. *Formación universitaria*, 6(1), 41-52. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062013000100006

Castro-Rodríguez, Y. (2022). Características y consideraciones para la elaboración del póster académico en la Educación Superior. *Educación Médica Superior (internet)***.** 36(1) Disponible en: https://ems.sld.cu/index.php/ems/article/view/3095

Creswell, J. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*; Sage: Thousand Oaks, CA, USA.

Fernandez-Plazaola, I. (2021). *Evolution of the building business plan as a Project-based learning teaching methodology*. *EDIFICATE, I Congreso de Escuelas de Edificación y Arquitectura Técnica de España*, 315-328. https://doi.org/10.4995/EDIFICATE2021.2021.13566

Fernández Rojas, M.F; Ceballos Escalante, M.A. & Contreras, I. (2022). El póster científico como género académico para la comunicación del conocimiento en ingeniería: una experiencia pedagógica. *Educando para educar*. 42, 91-118.

González-Romero & López-Casado (2023). El póster académico como instrumento de aprendizaje en educación superior. Aplicación en la enseñanza de la geografía. En: *Metodologías activas e innovación docente para una educación de calidad* (Buzón y Momero, eds.), 135-151.

Hidayati, D. N. (2025). Students' Perceptions of Poster Oral Presentation in English. *SALEE: Study of Applied Linguistics and English Education*, *6*(1), 202–218. https://doi.org/10.35961/salee.v6i1.1569

Leavy, P. (2014). *Oxford Handbook of Qualitative Research.* Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199811755.001.0001

Llorente, I.; Odriozola, M.D.; & Baraibar-Diez, E. (2023). Fostering communication skills in entrepreneurship education, *Journal of Management and Business Education* 6(1), 58-77. https://doi.org/10.35564/jmbe.2023.0004

Martín Marchante, B. & Cerezo Herrero, E. (2022). The academic poster as a resource to enhance cross-curricular competences in higher education. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, *16*(2), e1590. https://dx.doi.org/10.19083/ridu.2022.1590

Mejía Salazar, G. & Kurita, K. (2023). EL método poster tour como apoyo en el aprendizaje en el nivel superior. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 8901-8914. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6002

Montañana, A.; Navarro-Astor, E.; Fernández-Plazaola, I. Pons, M. & Llinares, M.C. (2012). *Adapting economics for the construction engineering degree to EHEA*, INTED 2012, 185-192, Valencia: IATED. https://library.iated.org/view/MONTANANA2012ADA

Navarro-Astor, E.; Llinares Millán, C. & Montañana i Aviñó, A. (2021). *Apuntes de economía y gestión empresarial en la edificación*, Valencia: Editorial UPV.

Nolasco-Cirugeda, A., Serrano-Estrada, L., Martí Ciriquián, P., & López Baeza, J. (2016). *La sala de exposiciones: un nuevo espacio para la difusión de algunos resultados docentes*. XIV Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. Investigación, innovación y enseñanza universitaria: enfoques pluridisciplinares. Alacant: Universitat d'Alacant, Institut de Ciències de l'Educació, 2016. ISBN 978-84-608-7976-3, 709-721

Pérez, F., J. Aldás-Manzano (dirs.), R. Aragón e I. Zaera (2024). *La inserción laboral de los universitarios 2013-2023. Evolución, diferencias por estudios y brechas de género*. Bilbao: Fundación BBVA; València: Ivie. https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2024/05/FBBVA-Ivie_U-Ranking_Informe_Insercion_laboral_universitarios_2013-2023.pdf

Pérez-Macías, N., Gismera Tierno, L. & De Nicolas, V.L. (2023). Educational Innovation Boosting Students' Entrepreneurial Intentions, *SAGE Open,*13(3) https://doi.org/10.1177/21582440231196457

Piedecausa-García, B., Pérez Sánchez, J. C., Mateo Vicente, J. M., & Palma Sellés, P. (2016). Investigación en Construcción de Estructuras: innovación docente y nuevas propuestas metodológicas. En: *Innovaciones metodológicas en docencia universitaria: resultados de investigación*, (Alvarez Teruel, JD; Grau Company, S & Tortosa Ibañez, MT), 943-956. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/56577/1/Innovaciones-metodologicas-docencia-universitaria_62.pdf

Ranstad Research (2023). *Jóvenes universitarios y empleabilidad. Cualificación, profesiones en auge y transición laboral*. Disponible en: https://www.randstadresearch.es/jovenes-universitarios-y-empleabilidad/

Rodríguez-González, R. (2018, 21 y 22 de marzo). *El póster científico como herramienta docente: Experiencia con alumnado de máster.* IV Congreso Virtual Internacional sobre Innovación Pedagógica y Praxis Educativa INNOVAGOGÍA, 1742-1749.

Salcines Talledo, I. & González-Fernández, N. (2019). Introducción del póster científico en el proceso evaluativo en Educación Superior. Una buena práctica en la Universidad de Cantabria. En (Aguaded, I.; Vizcaíno-Verdú, A. & Sandoval-Romero, Y. eds): *Competencia mediática y digital: del acceso al empoderamiento*, Grupo Comunicar, 285-290.

Tavera, E., Gamarra Ruiz, M. M., Alatrista, R., & Vásquez Pacheco, V. (2023). Representaciones sociales sobre la experiencia de elaborar pósteres académicos: el caso de estudiantes de Ingeniería Electrónica en un curso de escritura. *Pensamiento educativo*, *60*(3), 0-0. https://dx.doi.org/10.7764/pel.60.3.2023.8

REDES SOCIALES EN LAS ASIGNATURAS DE CONSTRUCCIÓN Y EXPRESIÓN GRÁFICA DEL GRADO EN EDIFICACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE RESULTADOS ACADÉMICOS Y MEMORIA VIRTUAL

SOCIAL MEDIA IN THE CONSTRUCTION AND GRAPHIC EXPRESSION COURSES OF THE BUILDING ENGINEERING DEGREE FOR THE PROMOTION OF ACADEMIC RESULTS AND VIRTUAL REPOSITORY

Pablo Alejandro Cruz Franco[(1)], Elena Gómez Bernal[(2)], María Pérez Sendín[(3)]

[1] Universidad de Extremadura, Cáceres, España, pablocruzfranco@unex.es
[2] Universidad de Extremadura, Cáceres, España, elenagb@unex.es
[3] Universidad de Extremadura, Cáceres, España, mariaps@unex.es

RESUMEN

El uso de las redes sociales en el contexto educativo ha cobrado gran relevancia en los últimos años. En la Universidad de Extremadura, desde hace tres años, se ha implementado la plataforma "Instagram" como una herramienta para la presentación de resultados en dos materias enmarcadas en los programas docentes del Grado en Edificación y del Máster en Metodología BIM.

La implantación de las RRSS tiene su origen en el concurso de estructuras trianguladas que se realiza en la asignatura de "Construcción II", donde Instagram se utiliza para mostrar el resultado y el proceso de evolución de los alumnos. Más tarde, estas tecnologías se implantaron en el área de expresión gráfica, específicamente, en "Análisis del proyecto y sus interferencias. Gestión documental y gráfica. Iniciación a la visualización." del Máster en Metodología BIM, para presentar la documentación obtenida de los ejercicios prácticos.

De esta manera, comparten su evolución, reciben retroalimentación prácticamente instantánea del profesor y sus compañeros y, generan un repositorio online de los trabajos realizados. En definitiva, crean una biblioteca virtual que sirve de guía para los futuros participantes.

El impacto positivo del uso de las RRSS como herramienta educativa se ponen de manifiesto mediante datos objetivos: El 100% del alumnado en ambos cursos publicaron de forma activa sus proyectos en la plataforma, mejorando de forma notable la calidad de las entregas finales. Esta participación ha conllevado una mejora grupal en las calificaciones y ha impulsado un aprendizaje más interactivo y cooperativo.

En definitiva, el uso de RRSS en las disciplinas analizadas ha tenido un valor pedagógico significativo. Ha conectado con los intereses de los estudiantes mediante una vía atractiva capaz de fomentar su participación y ha estimulado el aprendizaje colaborativo generando un interés por las actividades académicas.

Palabras clave: *Construcción, Metodología BIM, Repositorio Virtual, Redes Sociales, Innovación Educativa*

ABSTRACT

The use of social networks in the educational context has become very important in recent years. At the University of Extremadura, for the last three years, 'Instagram' platform has been implemented as a tool for the presentation of results in two subjects within the teaching programmes of the Building Engineering Degree and the Master's Degree in BIM Methodology.

The implementation of the RRSS has its origin in the competition of triangulated structures carried out in the subject 'Construction II', where Instagram is used to show the results and the evolution process of the

learners. Later, these technologies were implemented in the area of graphic expression, specifically, in 'Analysis of the project and its interferences. Documentary and graphic management. Initiation to visualization' of the Master's Degree in BIM Methodology, to present the documentation obtained from the practical activities.

In this way, they share their progress, receive almost instant feedback from the teacher and their peers, and generate an online repository of the work they have done. In short, they create a virtual library that serves as a guide for future participants.

The positive impact of the use of social media as an educational tool is evidenced by objective data: 100% of students in both courses actively posted their projects on the platform, significantly improving the quality of the final deliverables. This participation has led to a group improvement in the grades and has promoted a more interactive and cooperative learning process.

In short, the use of social media in the disciplines analyzed has had a significant pedagogical value. It has connected with the students' interests through an attractive channel capable of encouraging their participation and has stimulated collaborative learning by generating interest in academic activities.

Keywords: *construction, BIM methodology, Virtual Repository, Social Media, Educational Innovation*

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto de la docencia universitaria actual, resulta clave incorporar metodologías activas que conecten con los intereses y hábitos de los estudiantes para favorecer su implicación y aprendizaje(Muñoz-Guevara et al., 2021; Silva Quiroz, 2017). En este sentido, las redes sociales (RRSS) representan un medio especialmente atractivo que el alumnado utiliza a diario, domina con soltura y percibe como un entorno cómodo y accesible. Su aplicación en el aula permite fomentar su participación activa y promover nuevas formas de aprendizaje(Garlinska et al., 2023).

Bajo esta premisa, esta comunicación presenta el trabajo desarrollado en torno a la aplicación de las RRSS en dos asignaturas técnicas impartidas en la universidad de Universidad de Extremadura: "Construcción II", del Grado en Edificación, y "Análisis del Proyecto y sus Interferencias. Gestión del Proyecto: Documental y Gráfica. Iniciación a la Visualización" (de aquí en adelante interferencias), del Máster Universitario en Metodología para la Modelización de la Información de la Construcción (Building Information Modeling, BIM) en el Desarrollo Colaborativo de Proyectos.

1.1 Las asignaturas

La primera de ellas, *Construcción II*, forma parte de las asignaturas de carácter obligatorio del grado, con un peso de 6 créditos en la titulación. El contenido de la asignatura se centra en la identificación de los elementos y sistemas constructivos, la definición de su función y compatibilidad, la generación de documentación técnica y su puesta en obra en el proceso constructivo.

En segundo lugar, la asignatura de *Interferencias* se imparte como contenido de carácter optativo dentro del máster BIM de la Universidad de Extremadura y tiene un peso de 6 créditos. Entre los contenidos de esta asignatura está adquisición de los conceptos necesarios para la visualización y la navegación por un modelo BIM, la especialización en técnicas de renderización, el empleo de herramientas de presentación de resultados y, finalmente, desarrollando recorridos y animaciones 3d del modelo virtual.

Se trata de dos asignaturas completamente diferentes, tanto por su carácter como por el tipo de alumnado (estudiantes de grado frente a máster) y, especialmente, por su contenido. Sin embargo, pese a las diferencias que existen entre ambas asignaturas, la aplicación de las RRSS es similar y el objetivo que se persigue también lo es.

1.2 El origen

La implementación de herramientas como las RRSS surgió hace 3 años dentro del master BIM en una adaptación de los contenidos de la asignatura a la realidad comunicativa del siglo XXI.

El germen de implementar las RRSS dentro de una asignatura de máster fue la búsqueda de una herramienta ágil para mostrar los resultados de los alumnos dentro del aula(Cruz Franco, Rueda Márquez de la Plata, & Gómez Bernal, 2023). Se buscaba en primer lugar un sistema que permitiese que los estudiantes pudiesen ver el trabajo de sus compañeros en tiempo real. En segundo lugar, que pudiesen interactuar entre ellos y con el profesor. Y en tercer y último lugar una herramienta afín a los nuevos perfiles de alumnado.

Los buenos resultados obtenidos durante el curso dieron lugar, posteriormente, a su aplicación en el Concurso de Estructuras Trianguladas que, desde hace cinco años, se celebra como parte de la asignatura de Construcción II. Este concurso es un ejercicio práctico que forma parte del sistema de evaluación continua de la materia. En él los estudiantes deben diseñar mediante CAD un prototipo de estructura triangulada y ejecutarlo con materiales ligeros: pasta, silicona termofusible e hilo con un límite de peso.

El objetivo de este concurso es impartir de forma práctica los contenidos relativos a estructuras trianguladas que forman parte del plan docente de la asignatura para comprender el funcionamiento y los criterios de diseño de una estructura de este tipo al tiempo que se fomentan el trabajo colaborativo, la creatividad y la aplicación práctica de los contenidos teóricos de la asignatura(Afzal & Shafiq, 2021).

Desde hace dos ediciones, el concurso ha incorporado el uso de RRSS, concretamente Instagram, como parte de la práctica. Con la implementación de esta herramienta no solo creamos un canal dinámico de comunicación del proceso constructivo, sino que también transformamos un ejercicio práctico evaluable en un concurso que mide la competitividad con premios.

2. OBJETIVOS

La propuesta metodológica se articuló en un inicio como hemos comentado en estos tres puntos:

1. Fomento de la autoevaluación y la retroalimentación instantánea: La exposición pública de los trabajos permitió una retroalimentación continua y casi instantánea, tanto por parte del profesorado como de los compañeros. Este proceso ha favorecido el desarrollo de una cultura de autoevaluación y mejora entre los estudiantes.

2. Incremento de la participación: La implementación de RRSS como herramienta educativa tuvo como objetivo aumentar el nivel de participación de los estudiantes(Araiza-Alba et al., 2021). Esta metodología buscaba involucrar a los estudiantes no solo en la entrega de los trabajos, sino también en la interacción con sus compañeros de estudios. No solo ve, opina y califica el profesor, sino que también pueden ver y opinar el resto de los compañeros sobre el resto de trabajos de la clase.

3. Estímulo de la creatividad y la innovación en la presentación de contenidos académicos con tecnologías afines a los nuevos perfiles de alumnado: En el contexto de las RRSS, los estudiantes deben mostrar sus resultados a través de un lenguaje visual y creativo. Este objetivo busca estimular a los alumnos innovando en la presentación de sus trabajos. Esta habilidad transversal es fundamental en el ámbito profesional actual(Cruz Franco, Rueda Márquez de la Plata, & Pérez Sendín, 2023).

Con el tiempo, se identifican dos nuevos objetivos. Los tres iniciales respondían a una estrategia a corto plazo, en la que el uso de las RRSS se interrumpía al finalizar cada curso y se reanudaba al comienzo del siguiente de cero. Sin embargo, pronto se advierte que estos ejercicios podían adquirir una dimensión a largo plazo, en la que cada año partía del anterior. Aparecen dos nuevos objetivos:

1. Promoción de la visibilidad académica y de la proyección institucional: se incorpora la necesidad de potenciar la difusión de los resultados académicos generados por los estudiantes, con el objetivo de visibilizar las asignaturas implicadas (Häfner et al., 2013). Esto permite, por un lado, dar a conocer la calidad del trabajo de los estudiantes y, por otro, posicionar a la institución en un “contexto digital”. A la larga este “contexto digital” puede redundar en una mejora de la visibilidad de la institución.

2. Desarrollo de un repositorio digital de trabajos académicos: se ha buscado la creación de una biblioteca virtual accesible e intuitiva que permita a los estudiantes acceder a ejemplos de trabajos anteriores desarrollados en las materias(Parrinello et al., 2019). Este repositorio actúa en la actualidad como una herramienta pedagógica para la mejora continua. Permite a los estudiantes identificar y establecer comparaciones con trabajos de ediciones previas y ha generado un marco de referencia público que establece niveles mínimos de calidad.

3. METODOLOGÍA

Pese a las evidentes diferencias que existen entre ambas materias, la metodología aplicada parte de unas mismas premisas generales. A partir de estas, se desarrollan estrategias específicas que responden a los objetivos, contenidos y particularidades de cada asignatura.

3.1 Metodología general

Como parte de la estrategia metodológica común a ambas asignaturas, el alumnado debe organizarse en grupos de entre 2 y 4 integrantes para el desarrollo de las actividades vinculadas al uso de RRSS. Cada grupo debe crear una cuenta específica en la plataforma Instagram, cuya denominación debe ajustarse a los criterios establecidos en el enunciado de la práctica. Esta cuenta tendrá carácter público, permitiendo así la libre consulta del contenido tanto por parte del profesorado como por parte de otros estudiantes y usuarios externos.

Cabe destacar que, la plataforma seleccionada para la implementación de las RRSS en la docencia universitaria ha sido Instagram debido a que, por una parte se trata de una herramienta ampliamente utilizada entre los estudiantes y, en segundo lugar, debido a las múltiples herramientas que ofrece para la generación y organización de contenido dinámico como generar un perfil organizado, publicar historias temporales que incluyan encuestas, cuestionarios o enlaces para promover la interacción con otros usuarios o generar vídeos cortos como un medio de difusión con un formato atractivo y fácilmente compartible.

Asimismo, el profesorado dispone de una cuenta específica en Instagram, creada para el seguimiento, supervisión y evaluación de las prácticas desarrolladas mediante esta metodología. Todas las publicaciones realizadas por el alumnado en sus cuentas deben etiquetar obligatoriamente a esta cuenta docente, lo que permite al profesorado estar al corriente del progreso de los distintos grupos en tiempo real, facilitar el feedback continuo y garantizar un seguimiento sistemático de las entregas parciales.

Cabe destacar que, en la actualidad, el uso de las RRSS no ha sustituido las entregas tradicionales en ninguna de las dos materias, sino que se trata de un medio de difusión y entrega de resultados complementario a ellas.

3.2 Particular

3.2.1 *Construcción II:*

En el contexto de la asignatura Construcción II, los estudiantes deben crear una cuenta pública específica para esta práctica que actúa como un diario digital del proyecto y debe actualizarse de forma progresiva a lo largo del proceso de diseño y construcción del puente.

Las publicaciones deben reflejar el desarrollo del diseño estructural, las diferentes opciones o alternativas valoradas durante el proceso proyectual si es que las hubiera, la selección y uso de materiales, los avances en la fase de construcción e, incluso, las dificultades o problemas detectados y las soluciones aplicadas. Por último, el alumnado debe reflejar en su cuenta el resultado final, generando un repositorio de la asignatura y permitiendo al profesor obtener una visión global del trabajo.

Una vez finalizado el plazo para la construcción del puente, se realiza un visionado conjunto de todos los perfiles en el aula previo a la rotura de las estructuras realizadas. Tanto la evaluación de los resultados obtenidos como la proclamación del ganador del concurso en lo relativo a la parte de presentación de resultados mediante RRSS se realizan in situ y los aspectos a valorar dentro del concurso comprenden:

- La capacidad del estudiante para integrar los conceptos teóricos relativos a las estructuras trianguladas en un entorno dinámico y hacerlos atractivos para el resto de los usuarios.
- La organización del perfil.
- La creatividad en la utilización de los recursos digitales para la presentación del contenido técnico.
- El impacto y alcance obtenido en las publicaciones.

3.2.2 *Interferencias:*

En la asignatura de interferencias la utilización de RRSS se plantea como un recurso complementario para la entrega y presentación de resultados visuales, en estrecha relación con los contenidos de la asignatura vinculados a la representación gráfica, la comunicación visual y la exploración de herramientas digitales en entornos colaborativos.

A lo largo del curso se plantean pequeños retos semanales centrados en aspectos clave de la visualización arquitectónica mediante herramientas BIM (renderización, ambientación, iluminación, recorridos, etc.). Los resultados de estos retos deben publicarse en la cuenta de Instagram del grupo, en paralelo a su entrega formal a través del campus virtual de la Universidad.

A diferencia de la asignatura de Construcción II, en este caso el foco no se pone en la difusión pública del contenido, sino en la calidad gráfica, la coherencia visual y la organización estética del perfil. Dado que la presentación de documentación visual forma parte del contenido formativo de la asignatura, se valoran especialmente la composición de las publicaciones, el uso de recursos gráficos adecuados y la claridad en la exposición de resultados. Instagram se convierte así en una extensión del portfolio académico, adaptada al lenguaje visual contemporáneo.

La asignatura concluye con una práctica final de mayor complejidad, cuyo resultado debe entregarse tanto en el campus virtual como en la cuenta de Instagram. Esta práctica incluye vídeos, renderizaciones y animaciones, y se evalúa según los criterios establecidos en el plan docente y el enunciado específico de la actividad. En este contexto, las RRSS no sustituyen los canales oficiales de evaluación, pero sí enriquecen el proceso formativo al fomentar el dominio de herramientas de comunicación visual alineadas con el entorno profesional actual(Ghanem, 2022).

4. RESULTADOS

La implementación de Instagram como herramienta metodológica en las asignaturas de “Construcción II” e “interferencias” ha generado resultados positivos tanto en términos de rendimiento académico como en el desarrollo de competencias transversales vinculadas a la comunicación visual, la creatividad y el trabajo colaborativo.



Figura 7. Carteles del concurso y resultados de trabajos realizados en la asignatura "Construcción II "

Desde el punto de vista cuantitativo, los datos académicos de los tres últimos cursos académicos permiten observar una evolución significativa en ambas asignaturas. En Construcción II, tras la incorporación de las RRSS como parte fundamental de la práctica evaluable, se aprecia una concentración creciente de calificaciones en los tramos de notable y sobresaliente, especialmente en las dos últimas ediciones. Aunque en el curso 2024-2025 aumentó el número de suspensos, de manera simultánea se produjo una disminución de las calificaciones mínimas aprobadas y un fortalecimiento de las calificaciones más altas, lo que sugiere una mayor exigencia y un incremento en la calidad de los trabajos de quienes superan la asignatura.

Tabla 1. Calificaciones por año académico de la asignatura "Construcción II" del Grado en Edificación.

Año académico	Suspenso	Aprobado	Notable	Sobresaliente
Año 2022-2023	1	5	3	1
Año 2023-2024	4	7	2	7
Año 2024-2025	9	0	9	5

En la asignatura del máster, los resultados han sido más estables, sin suspensos en ninguna de las ediciones y con una presencia constante de calificaciones en los tramos altos. A pesar de la ligera disminución en la cantidad de estudiantes en los dos últimos cursos, se mantiene una elevada calidad en los resultados académicos.

Tabla 2. Calificaciones por año académico de la asignatura "Análisis del proyecto y sus interferencias. Gestión documental y gráfica. Iniciación a la visualización" del Máster en metodología BIM.

Año académico	Suspenso	Aprobado	Notable	Sobresaliente
Año 2022-2023	0	3	8	3
Año 2023-2024	0	0	5	2
Año 2024-2025	0	2	2	2

Más allá de los datos numéricos, el impacto cualitativo de la metodología ha sido igualmente relevante. En Construcción II, el uso de Instagram ha permitido documentar y visualizar el proceso de los proyectos, desde el diseño inicial hasta el resultado final. El alumnado participó activamente (100% de implicación en todas las ediciones), creando entornos visuales organizados y creativos que reflejaban de forma clara el desarrollo de los proyectos.

En Interferencias, el enfoque se centró en la calidad gráfica y comunicativa de los trabajos visuales. A través de retos semanales y una práctica final más compleja, los estudiantes ejercitaron habilidades clave en la representación arquitectónica y la narración visual de proyectos. Instagram funcionó como una extensión del portfolio académico, permitiendo la consolidación de un repositorio visual que refuerza el aprendizaje y sirve de referencia para futuras ediciones.

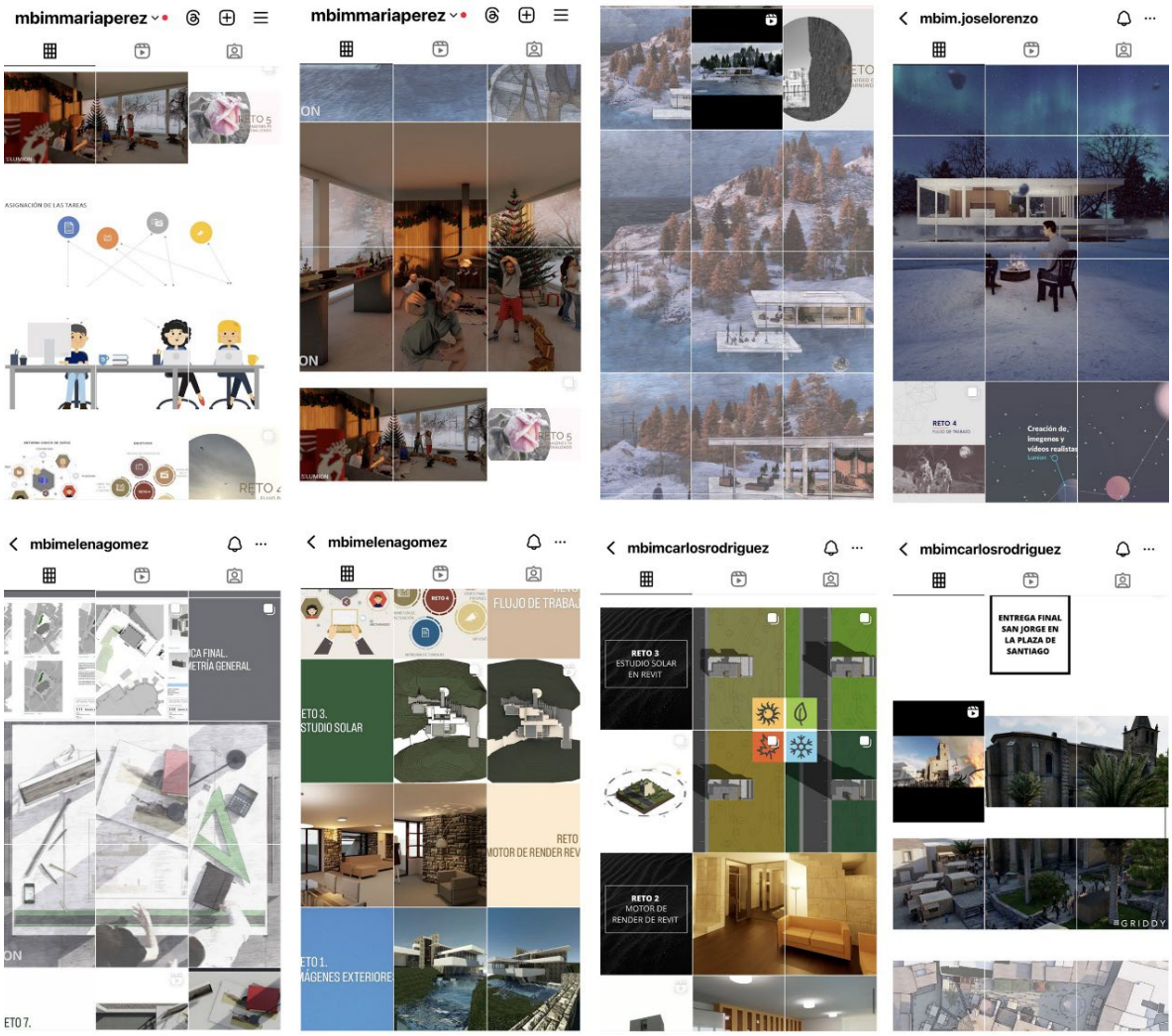


Figura 8. Trabajos realizados en la asignatura "Análisis del proyecto y sus interferencias. Gestión documental y gráfica. Iniciación a la visualización"

La interacción en RRSS, la retroalimentación instantánea y la necesidad de síntesis visual favorecieron la implicación del alumnado y el desarrollo de competencias fundamentales en el contexto profesional actual. Los resultados evidencian que el uso pedagógico de RRSS ha potenciado no solo el rendimiento académico, sino también el compromiso, la creatividad y la calidad de los procesos de aprendizaje en ambas asignaturas.

5. CONCLUSIONES

El análisis de los resultados obtenidos durante los tres años de implementación del uso de RRSS en las asignaturas mencionadas ha permitido extraer diversas conclusiones en relación con su impacto pedagógico y su viabilidad como herramienta educativa en el ámbito universitario. Estas conclusiones se resumen en los siguientes puntos clave:

1. **Fortalecimiento del trabajo en equipo:** La exposición pública de los trabajos en RRSS ha fomentado significativamente el trabajo colaborativo entre los estudiantes(Michaelsen et al., 2014). La interacción continua en estas plataformas ha favorecido la cooperación y las dinámicas entre estudiantes han venido variando y evolucionando durante estos tres años. Podríamos decir que los alumnos como grupo pierden el miedo y poco a poco encuentran un lenguaje propio como grupo.

2. **Aumento de la participación y el compromiso académico:** La visibilidad de los trabajos en tiempo real y la retroalimentación constante han promovido una mayor implicación de los estudiantes en el proceso académico. La competencia sana y la oportunidad de recibir comentarios instantáneos han generado un entorno más participativo y activo, lo cual ha repercutido positivamente en la calidad de los trabajos presentados. No obstante, se detectan diferencias notables entre el grado y el máster: mientras que en el

primero predomina una visión más experimental, en el segundo, dirigido a profesionales en activo, se advierte una mayor orientación práctica y estratégica en el uso de las redes.

3. **Transparencia y objetividad en el proceso de evaluación:** La publicación abierta de los trabajos ha permitido establecer una evaluación más transparente y objetiva. Tanto los estudiantes como el profesorado pueden acceder a los trabajos de ediciones anteriores, lo que facilita una comparación directa de los niveles de exigencia y el rendimiento de cada grupo. Este modelo ha generado mayor confianza en el sistema de evaluación: no solo es un beneficio claro para los alumnos porque establece el ”nivel de la materia” sino también para el profesor que se protege a través de este sistema.

4. **Desarrollo de competencias digitales y comunicativas:** Los estudiantes han adquirido competencias relevantes en la comunicación digital, la gestión de plataformas sociales y la presentación visual de contenidos(Cruz Franco et al., 2022). Estas habilidades, cada vez más demandadas en el ámbito profesional, se han integrado de manera efectiva en los programas formativos, preparando a los estudiantes para enfrentar los retos de un entorno laboral cada vez más digitalizado.

5. **El impacto en la autorregulación y la mejora continua:** La retroalimentación instantánea proporcionada por las RRSS ha permitido a los estudiantes mejorar sus trabajos sobre la marcha, desarrollando habilidades de autorregulación. La visibilidad en tiempo real de los avances académicos ha creado un entorno de aprendizaje más dinámico, donde los estudiantes pueden ajustar sus enfoques y estrategias de manera continua.

6. **Viabilidad y continuidad del proyecto:** La experiencia acumulada durante estos tres años demuestra que la integración de RRSS como herramienta educativa tiene un gran potencial para continuar siendo una parte integral de la metodología docente.

6. PERSPECTIVAS DE FUTURO: EXPANSIÓN METODOLÓGICA Y ANÁLISIS AVANZADO

La experiencia acumulada en estos tres años evidencia no solo la eficacia de las redes sociales como herramienta docente, sino también su potencial para seguir evolucionando. De cara al futuro, se plantea una ampliación de la estrategia metodológica en dos direcciones principales:

1. **Profundización en el análisis del impacto interno y a corto plazo:** Se propone incorporar herramientas de analítica digital (o usar las implementadas en las RRSS) que permitan medir con mayor precisión el alcance, la interacción y la calidad de las publicaciones realizadas por el alumnado. Estas métricas (número de visualizaciones, comentarios, engagement, insight etc.) podrían integrarse en los sistemas de evaluación como indicadores complementarios, aportando una dimensión cuantitativa y cualitativa del impacto de los trabajos.
2. **Profundización en el análisis del impacto a largo plazo:** esta es quizás la siguiente pregunta más interesante. ¿Qué impacto tienen a largo plazo las publicaciones si es que lo tienen? Sería muy interesante ver cómo evolucionan las métricas de las publicaciones en el inicio de cada curso académico.
3. **Consolidación de un modelo institucional replicable:** finalmente, se plantea la opción de sistematizar esta experiencia como modelo exportable dentro de la propia universidad u otras instituciones, formalizando protocolos de uso docente de redes sociales que garanticen calidad, seguridad y coherencia pedagógica.

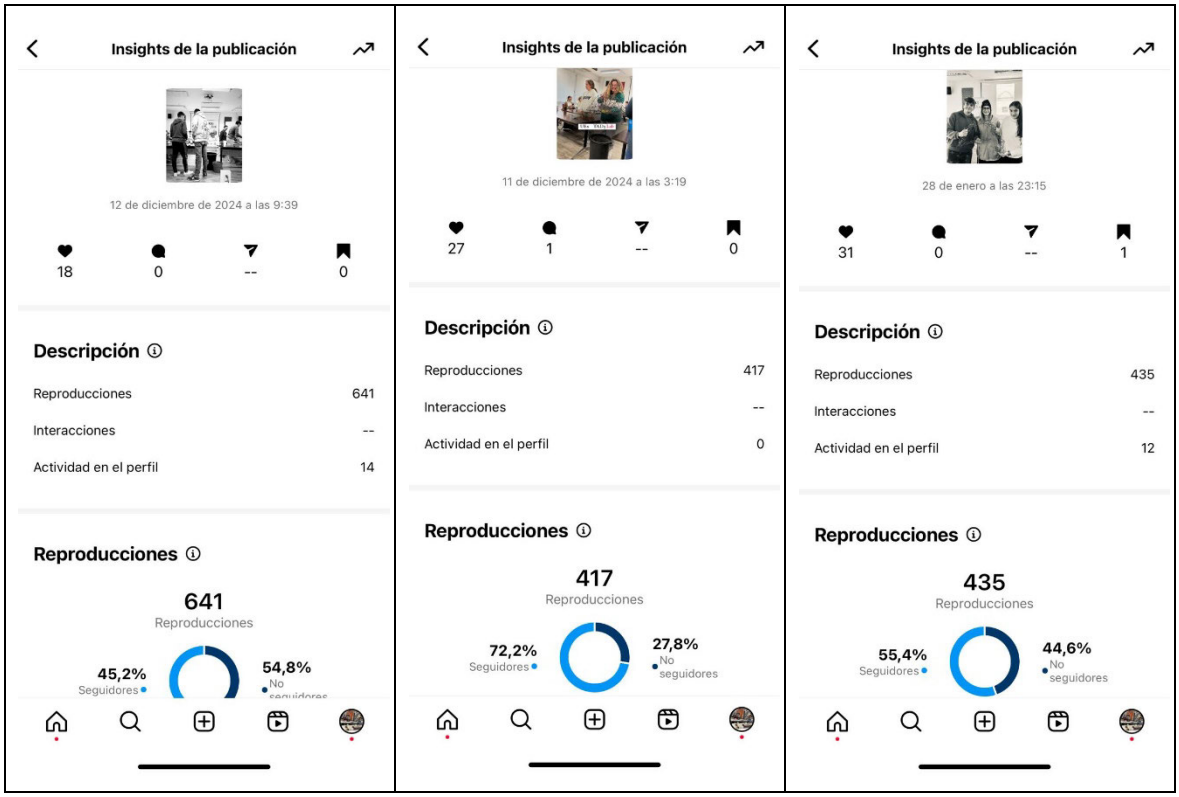


Figura 3. Detalle de la herramienta insight de la red social Instagram.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afzal, M., & Shafiq, M. T. (2021). Evaluating 4D-BIM and VR for Effective Safety Communication and Training: A Case Study of Multilingual Construction Job-Site Crew. *Buildings*, *11*(8). https://doi.org/10.3390/buildings11080319

Araiza-Alba, P., Keane, T., Chen, W., & Kaufman, J. (2021). Immersive virtual reality as a tool to learn problem-solving skills. *Computers & Education*, *164*, 104121. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104121

Cruz Franco, P. A., Rueda Márquez de la Plata, A., & Gómez Bernal, E. (2022). Protocols for the Graphic and Constructive Diffusion of Digital Twins of the Architectural Heritage That Guarantee Universal Accessibility through AR and VR. *Applied Sciences*, *12*(17). https://doi.org/10.3390/app12178785

Cruz Franco, P. A., Rueda Márquez de la Plata, A., & Gómez Bernal, E. (2023). *Use of digital and physical twins of construction details to improve spatial understanding of architecture in building engineering and technical architecture subjects.* Edificate, Granada.

Cruz Franco, P. A., Rueda Márquez de la Plata, A., & Pérez Sendín, M. (2023). *Application of new technologies augmented reality AR and virtual reality VR to the teaching of technical subjects in systems.* Edificate, Granada.

Garlinska, M., Osial, M., Proniewska, K., & Pregowska, A. (2023). The Influence of Emerging Technologies on Distance Education. *Electronics*, *12*(7). https://doi.org/10.3390/electronics12071550

Ghanem, S. Y. (2022). Implementing virtual reality - building information modeling in the construction management curriculum. *Journal of Information Technology in Construction*, *27*, 48-69. https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.003

Häfner, P., Häfner, V., & Ovtcharova, J. (2013). Teaching Methodology for Virtual Reality Practical Course in Engineering Education. *Procedia Computer Science*, *25*, 251-260. https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.031

Michaelsen, L., Davidson, N., & Major, C. (2014). Team-Based Learning Practices and Principles in Comparison With Cooperative Learning and Problem-Based Learning. *Teaching in Higher Education*, *25*, 57.

Muñoz-Guevara, E., Velázquez-García, G., & Barragán-López, J. F. (2021). Análisis sobre la evolución tecnológica hacia la Educación 4.0 y la virtualización de la Educación Superior. *Transdigital*, *2*(4). https://doi.org/10.56162/transdigital86

Parrinello, S., Morandotti, M., Valenti, G., Piveta, M., Basso, A., Inzerillo, A., Lo Turco, M., Picchio, F., & Santagati, C. (2019). *Digital & Documentation: databases and models for the enhancement of Heritage* (S. Parrinello, Ed. Vol. 1). Edizioni dell'Università degli Studi di Pavia.

Silva Quiroz, J. M. C., D. (2017). A proposed model for introducing active methodologies in higher education. *Innovación Educativa*, *17*, 15.

“NOS MOVEMOS POR LA POBREZA ENERGÉTICA”: UN ENFOQUE DE APRENDIZAJE-SERVICIO PARA LA GESTIÓN ADECUADA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

“WE MOVE FOR ENERGY POVERTY AND THE PROPER MANAGEMENT OF ENERGY RESOURCES”: A SERVICE-LEARNING APPROACH TO ENERGY RESOURCE MANAGEMENT

Patricia Aguilera Benito [(1)], Isabel Bach Buendía [(2)], Ana Martín Martín [(3)], Daniel Huguet Cruz [(4)]

[1] Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, patricia.aguilera@upm.es
[2] Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, isabel.bach@upm.es
[3] Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, ana.mmartin@alumnos.upm.es
[4] Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, daniel.huguet@alumnos.upm.es

RESUMEN

Este artículo presenta un proyecto de aprendizaje-servicio desarrollado en la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), titulado "Nos Movemos por la Pobreza Energética y la Gestión Adecuada de Recursos Energéticos". El proyecto, realizado en colaboración con la Fundación Down Madrid y la Fundación Naturgy, reúne a estudiantado del Doble Grado de Edificación y ADE junto con alumnos con discapacidad intelectual de Down Madrid, con el objetivo de abordar la pobreza energética mediante talleres prácticos y actividades orientadas a ayudar a la sociedad.

El proyecto incluye reuniones mensuales donde los participantes realizan actividades enfocadas en la concienciación sobre el consumo energético, tales como la interpretación de facturas eléctricas, conceptos básicos de electricidad y estrategias para ahorrar energía. También se llevan a cabo ejercicios de rol y talleres de asesoría energética para dotar a los participantes de habilidades prácticas. Al finalizar el proyecto, se desarrollará una "Guía de Buenas Prácticas para el Ahorro Energético", que contendrá consejos sencillos para ayudar a reducir su consumo de energía en casa.

El enfoque de aprendizaje-servicio promueve un aprendizaje mutuo, donde los estudiantes universitarios aplican sus conocimientos sobre sistemas energéticos y adquieren una comprensión más profunda de los desafíos sociales, mientras que los alumnos de Down Madrid desarrollan habilidades esenciales para su vida diaria. Este artículo discutirá las metodologías empleadas, los resultados del proyecto y su impacto en ambos grupos de alumnos, destacando los beneficios sociales y educativos de integrar el aprendizaje-servicio en la educación técnica.

Palabras clave: *Aprendizaje-servicio, pobreza energética, eficiencia energética, compromiso comunitario, educación inclusiva*

ABSTRACT

This paper outlines a service-learning project developed at the Technical School of Building Engineering, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), titled "Nos Movemos por la Pobreza Energética y la Gestión Adecuada de Recursos Energéticos". The project, conducted in collaboration with the Down Madrid Foundation and Naturgy Foundation, brings together students from the Double Degree in Building Engineering

and Business Administration with participants with intellectual disabilities from Down Madrid to address energy poverty through practical workshops and society-oriented activities.

The project involves monthly meetings where participants engage in activities focused on energy consumption awareness, such as understanding electricity bills, basic electricity concepts, and energy-saving strategies. Role-playing exercises and energy advisory workshops are conducted to empower participants with practical skills. By the end of the project, a "Guide of Best Practices for Energy Savings" will be developed, containing easy-to-apply tips designed to reduce their energy consumption at home.

The service-learning approach fosters mutual learning, where university students apply their knowledge of energy systems and gain a deeper understanding of societal challenges, while Down Madrid students develop essential skills for daily life. This paper discusses the methodologies employed, the outcomes of the project, and its impact on both groups of students, highlighting the social and educational benefits of integrating service-learning into technical education.

Keywords: *Service-learning, energy poverty, energy efficiency, community engagement, inclusive education*

1. INTRODUCCIÓN

La pobreza energética es uno de los principales retos a los que se enfrentan las sociedades modernas. La falta de acceso a energía asequible y eficiente afecta directamente a la calidad de vida, especialmente en los sectores más vulnerables.

En este contexto, surge el proyecto de aprendizaje-servicio (ApS) "Nos movemos por la pobreza energética y la gestión adecuada de los recursos energéticos", desarrollado en la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid (ETSEM-UPM), en colaboración con la Fundación Naturgy y la Fundación Down Madrid (Fundación Down Madrid, 2025).

El Aula Taller de Instalaciones de la ETSEM representa un entorno de aprendizaje activo en el que se reproducen fielmente las condiciones de funcionamiento de un edificio con todas sus instalaciones: climatización, electricidad, ventilación y energía solar. Esta aula permite que los estudiantes interactúen directamente con sistemas reales, fomentando así un aprendizaje experiencial. (Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid, 2025).

2. METODOLOGÍA

Este proyecto tiene como objetivo principal concienciar y capacitar a la ciudadanía sobre el consumo energético responsable mediante la colaboración entre estudiantes universitarios y personas con discapacidad intelectual. (Universidad Politécnica de Madrid, 2023b)

El proyecto se estructuró en cuatro talleres mensuales (febrero a mayo), diseñados bajo el enfoque *ApS (aprendizaje-servicio).* Participaron un total de 70 personas, organizadas en cinco grupos mixtos. Cada grupo estuvo compuesto por estudiantes del *Doble Grado de Edificación y ADE de la ETSEM* y participantes del programa *Focus Labora de Down Madrid*. Además el proyecto incluyó actividades complementarias como dinámicas grupales y gymkanas educativas. Estas actividades tenían como objetivo reforzar los aprendizajes adquiridos mediante el juego y la interacción colaborativa, favoreciendo la implicación emocional y la motivación del alumnado.

La organización buscó fomentar el trabajo colaborativo y el aprendizaje bidireccional, promoviendo entornos inclusivos donde el conocimiento técnico y la experiencia vital se compartieran de forma horizontal.(Universidad Politécnica de Madrid, 2023a)

Cada grupo mantuvo una composición estable durante todo el proyecto, lo que favoreció la cohesión y la confianza entre sus miembros. Las actividades fueron guiadas por el profesorado responsable, pero también se incentivó la autonomía del estudiantado en el desarrollo de dinámicas colaborativas.

La metodología se apoyó en materiales visuales, ejercicios prácticos y situaciones simuladas que permitieran una aplicación realista de los aprendizajes adquiridos.

2.1 Taller 1: Análisis de la factura de la luz

En el primer taller, los participantes trabajaron con facturas reales de electricidad aportadas por los alumnos de Down Madrid. El objetivo fue aprender a leer e interpretar una factura eléctrica, comprendiendo los elementos que influyen directamente en el coste final.

Durante la sesión se explicaron las diferencias entre el mercado regulado, también conocido como PVPC, y el mercado libre, destacando cómo varían los precios, las condiciones contractuales y los tipos de comercializadoras según el mercado. A continuación, se abordó el concepto de potencia contratada, explicando qué representa, cómo se mide en kilovatios y cómo repercute en el término fijo de la factura. También se analizó el consumo eléctrico expresado en kilovatios hora, diferenciando entre los distintos tramos horarios y explicando cómo afectan al importe final según la tarifa contratada.

Otro de los puntos clave fue el análisis de la comercializadora que emite la factura, prestando atención a las ofertas que incluye, los servicios complementarios, los costes por mantenimiento y otros añadidos opcionales que a menudo encarecen el recibo. Finalmente, se detalló la estructura de impuestos aplicables, como el IVA y el impuesto sobre la electricidad, así como la identificación de conceptos ambiguos o poco transparentes.

Para apoyar la comprensión, los estudiantes universitarios elaboraron esquemas visuales explicativos adaptados al nivel de los participantes de Down Madrid. Se utilizaron versiones simplificadas de facturas con anotaciones que facilitaban el reconocimiento de cada apartado. Esta dinámica favoreció el diálogo, la curiosidad y la reflexión crítica sobre el funcionamiento del sistema eléctrico.

A continuación, podemos ver cómo los materiales gráficos fueron clave para desglosar de forma clara los diferentes elementos que componen una factura eléctrica (ver figura 1).

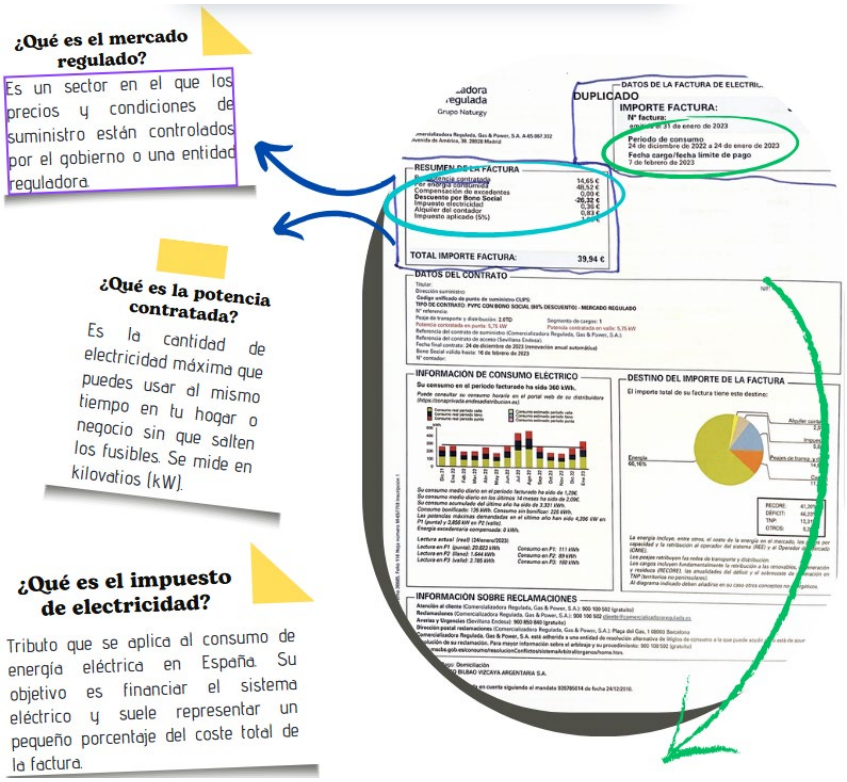


Figura 1. Ejemplo visual simplificado de factura eléctrica con anotaciones.

Por otro lado, con el trabajo colaborativo en el aula (ver figura 2), el estudiantado analizó en detalle cada apartado y elaboró esquemas que le permitió visualizar de forma estructurada la información.



Figura 2. Análisis en el Aula Taller de Instalaciones de la factura de la luz.

2.2 Taller 2: Oficina de asesoría energética

En esta sesión, el estudiantado, organizado por grupos, asumió el rol de oficinas de asesoría energética. El reto consistía en analizar distintos casos de familias que buscaban reducir su consumo energético tras detectar un aumento significativo en su factura de la luz.

Cada grupo recibió una situación distinta y, a partir de ella, tuvo que identificar posibles causas del incremento en el consumo, elaborar un diagnóstico y proponer una serie de recomendaciones personalizadas para mejorar la eficiencia energética en el hogar. El ejercicio fomentó la capacidad de análisis, el pensamiento crítico y la aplicación de soluciones prácticas en el ámbito doméstico.

Los participantes trabajaron en equipo durante la actividad centrada en los hábitos de consumo energético (ver figura 3). La imagen refleja la interacción entre los miembros del grupo y la implicación activa en el análisis de casos prácticos, aspectos fundamentales para fomentar el aprendizaje significativo y la adquisición de competencias relacionadas con la sostenibilidad y la eficiencia energética.



Figura 3. Fotografía del grupo participante durante la actividad sobre hábitos de consumo.

2.3 Taller 3: Errores más frecuentes al contratar un servicio energético

Esta sesión tuvo como objetivo identificar y comprender los errores más habituales que cometen los consumidores al contratar servicios energéticos. A través de un enfoque participativo, se analizó cómo determinadas decisiones poco informadas —como no revisar el contrato vigente, contratar una potencia superior a la necesaria o desconocer los tramos horarios— pueden encarecer significativamente la factura eléctrica.

Asimismo, se abordaron otras cuestiones clave como la falta de comprensión de la factura, la ausencia de comparación entre comercializadoras y el desconocimiento del derecho al bono social.

El taller demostró la importancia de la información y la toma de decisiones consciente a la hora de gestionar el suministro eléctrico, proporcionando a los participantes herramientas prácticas para optimizar su contrato energético y reducir el gasto mensual.

2.4 Taller 4: Elaboración del cuento energético

En esta sesión, el estudiantado trabajó en grupos para desarrollar relatos breves con enfoque didáctico, orientado a sensibilizar sobre el uso responsable de la energía. El objetivo fue emplear la narrativa como herramienta educativa, especialmente eficaz para transmitir conceptos complejos de forma accesible, cercana y emocionalmente significativa, tanto a públicos jóvenes como adultos.

Las historias creadas abordaron distintos retos energéticos cotidianos, destacando valores como la cooperación, la sostenibilidad y la toma de decisiones informadas. Un ejemplo representativo es *María y Pablo y la casa eficiente*, en el que dos hermanos transforman una vivienda de alto consumo energético en un hogar sostenible, poniendo en práctica soluciones simples pero efectivas.

En la figura 4 se puede ver cómo se presenta el cuento *"María, Pablo y la Casita Eficiente"*, elaborado durante el taller narrativo. Esta actividad permitió transmitir conceptos clave sobre eficiencia energética de forma creativa y comprensible.

Este taller permitió integrar creatividad, conciencia ambiental y comunicación, fomentando la capacidad de los participantes para generar materiales divulgativos con impacto formativo y social.



Figura 4. Cuento energético. "María, Pablo y la Casita Eficiente"

3. RESULTADOS

3.1 Guía de Buenas Prácticas

El desarrollo de los talleres permitió una activa participación tanto del estudiantado universitario como de los participantes del programa Focus Labora. Esta colaboración queda reflejada en la figura 5, que muestra una fotografía grupal tomada al finalizar uno de los talleres, con la asistencia de más de 70 personas. (Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid, 2023)



Figura 5. Fotografía grupal de cierre de uno de los talleres.

La tercera edición de la *Guía de Buenas Prácticas para Ahorrar Energía en las Viviendas*, titulada *Nos Movemos por la Pobreza Energética y una gestión adecuada de los recursos energéticos*, fue redactada, diseñada y maquetada como resultado del trabajo colaborativo del estudiantado. Esta edición cuenta con ISBN propio y está publicada bajo licencia Creative Commons.

La guía está concebida como una herramienta educativa clara, accesible y práctica, que facilita la comprensión de conceptos energéticos básicos y fomenta hábitos responsables en el uso de la energía. Entre sus principales contenidos destacan:

- Una explicación simplificada de facturas reales.
- Comparativas entre el mercado libre y el mercado regulado.
- Identificación de errores comunes en la contratación de suministros.
- Trucos y consejos fáciles de aplicar en el hogar.
- Casos prácticos y simulaciones.
- Cuentos energéticos como recurso narrativo y educativo.

Además, se incorporaron materiales desarrollados por los propios alumnos —como infografías, esquemas, diagramas y ejercicios—, reforzando el carácter participativo del proyecto.

La guía se consolida así como un recurso pedagógico transversal, aplicable en contextos tan diversos como centros educativos, talleres comunitarios o campañas institucionales. Los contenidos generados durante los talleres se han organizado en bloques temáticos: lectura y comprensión de la factura energética, consejos generales de ahorro, eficiencia energética por espacios del hogar y enlaces de utilidad.

Finalmente, el diseño de la guía se ha llevado a cabo siguiendo criterios de accesibilidad y lenguaje claro, con el objetivo de llegar a un público amplio. La figura 6 muestra la portada de esta tercera edición, cuyo estilo visual refleja su carácter didáctico y divulgativo.(Universidad Politécnica de Madrid, 2023)



Figura 6. Portada 3ª Edición de la Guía de Buenas Prácticas.

El fragmento interior de la guía incluye un código QR (ver figura 7), que facilita el acceso rápido a recursos digitales complementarios, mejorando la interactividad y accesibilidad del material.



Figura 7. Código QR al interior del fragmento de la Guía de Buenas Prácticas.

3.2 Encuestas de Satisfacción

Para evaluar el impacto del proyecto, se diseñó una encuesta dirigida a una muestra representativa del alumnado participante. Esta muestra incluye estudiantes universitarios del Grado de Edificación y participantes de la Fundación Down Madrid, con el objetivo de obtener una visión amplia y diversa sobre los resultados. Como se puede observar, a continuación, se detallan las características principales de la población encuestada (ver figura 8).

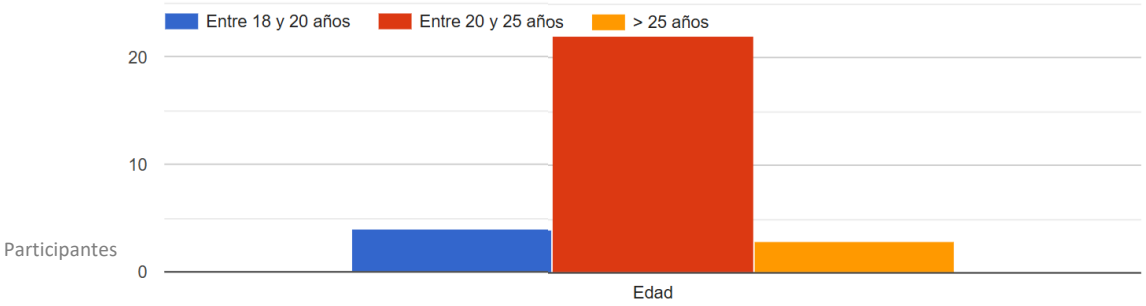


Figura 8. Muestra población encuestada

Los resultados fueron obtenidos de 29 respuestas de entre los 70 participantes que aproximadamente tuvo el proyecto. Muestran una valoración muy positiva del proyecto. En relación con el taller de instalaciones, más del 90 % de los participantes se mostraron satisfechos o muy satisfechos con la actividad, destacando especialmente el uso de maquetas y simuladores como recurso didáctico útil para la comprensión de los conceptos abordados (ver Figura 9). Además, cerca del 95 % de los encuestados consideraron que la metodología empleada les permitió aprender de forma práctica y comprensible, consolidando conocimientos clave sobre eficiencia energética.

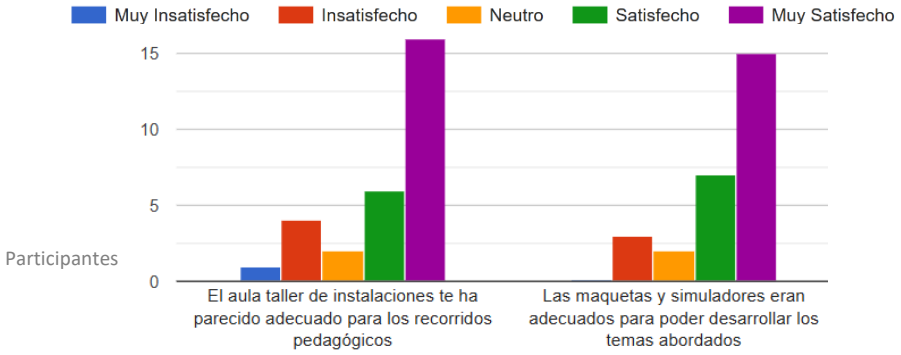


Figura 9. Satisfacción con actividades y temas abordados

Respecto a las actividades complementarias, como las gymkanas, el grado de satisfacción también fue elevado. Según los datos reflejados (ver Figura 10), el 88 % de los encuestados valoró de forma positiva la dinámica, la organización y la utilidad formativa de estas propuestas. Estos resultados reflejan el éxito del enfoque participativo y experiencial adoptado a lo largo del proyecto, así como su impacto en la adquisición de competencias y en la motivación del alumnado.

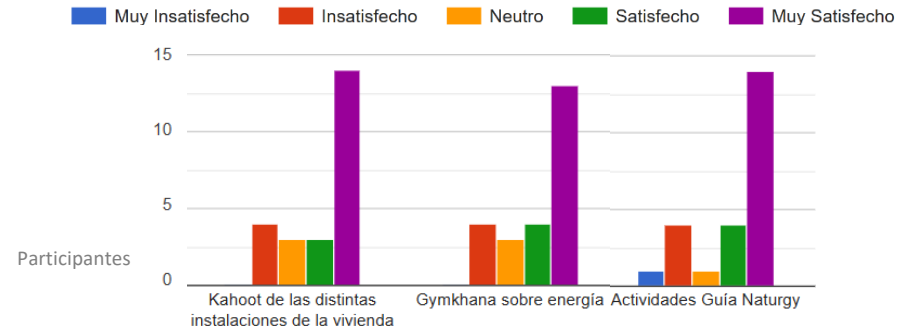


Figura 10. Satisfacción con las instalaciones

4. CONCLUSIONES

Los resultados del proyecto evidencian que el aprendizaje-servicio (ApS) es una metodología eficaz para abordar desafíos sociales desde la educación técnica, facilitando la adquisición de competencias técnicas, sociales y personales por parte de los participantes.

La elaboración colaborativa de la *Guía de Buenas Prácticas para Ahorrar Energía en las Viviendas* no solo fue el producto final más visible, sino también el eje vertebrador de las sesiones. Cada taller aportó contenido específico que nutría directamente su desarrollo, consolidando el aprendizaje significativo y orientado a la acción.

Según los datos obtenidos en las encuestas aplicadas (ver figuras 9 y 10), el estudiantado mejoró su comprensión sobre eficiencia energética y valoró positivamente la aplicabilidad práctica de los contenidos y recursos utilizados (maquetas, simuladores, gymkanas). Asimismo, se evidenció un alto grado de satisfacción con la metodología empleada, destacando el trabajo en equipo y el enfoque participativo como elementos clave.

Por parte de los participantes de Down Madrid, se observaron mejoras en la comprensión de conceptos básicos sobre energía y en su capacidad para aplicarlos a situaciones cotidianas, según se desprende de los testimonios y dinámicas de evaluación cualitativa realizadas durante los talleres. Aunque no se realizó una medición estandarizada de la autonomía, los formadores y educadores destacaron avances en la confianza y la iniciativa personal mostrada por los alumnos a lo largo del proyecto.

La guía final se consolida como un recurso pedagógico transversal y accesible, que puede ser utilizado en talleres, formaciones y campañas de sensibilización. Su carácter práctico y visual la convierte en una herramienta de impacto social real.

Se recomienda la replicabilidad del proyecto en otros contextos académicos, ya que no requiere una inversión económica elevada, pero sí una implicación activa del profesorado, del alumnado y de las entidades colaboradoras. Para garantizar su sostenibilidad a medio plazo, resulta clave su integración en la programación docente y el respaldo institucional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid. (2023). *Premio Espiral Internacional*.

Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid, U. (2025). *"Nos Movemos por la Pobreza Energética y la gestión adecuada de recursos energéticos"* (A. Martín Martín & D. Huguet Cruz, Eds.; 3rd ed.).

Fundación Down Madrid. (2025, June 5). Servicio FOCUS LABORA. *Actualidad de Down Madrid*.

Universidad Politécnica de Madrid. (2023). La UPM, un entorno inclusivo para jóvenes con necesidades especiales. *Estudiantes de Down Madrid Trasladan Un Aula a La Escuela Técnica Superior de Edificación Para Complementar Su Formación y Adquirir Competencias Socio-Laborales Que Les Sirvan En Su Futuro Profesional.*

Universidad Politécnica de Madrid. (2023, November). *COAAT MALLORCA*. "Nos Movemos Por La Pobreza Energética."

ENERGY TALKS: CONECTANDO HOGARES Y MEJORANDO VIDAS

ENERGY TALKS: CONNECTING HOMES AND IMPROVING LIVES

Patricia Aguilera Benito[(1)], Isabel Bach Buendía[(2)], Daniel Huguet Cruz [(3)], Ana Martín Martín [(4)]

[1]Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, patricia.aguilera@upm.es
[2]Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, isabel.bach@upm.es
[3]Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, daniel.huguet@alumnos.upm.es
[4]Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, ana.mmartin@alumnos.upm.es

RESUMEN

Este proyecto de innovación educativa propone un enfoque inclusivo y colaborativo que combina el aprendizaje experiencial con la concienciación sobre la eficiencia energética en el sector inmobiliario. Bajo esta iniciativa, estudiantes universitarios y estudiantes con discapacidad intelectual trabajan conjuntamente para desarrollar un pódcast con episodios mensuales. Los estudiantes se encargan de desarrollar los temas a tratar y abordan diferentes secciones relacionadas con el consumo energético responsable y la sostenibilidad, ofreciendo consejos prácticos y accesibles a la sociedad. Además, el pódcast incluye entrevistas con profesionales del sector energético e inmobiliario, quienes comparten su experiencia y ofrecen perspectivas relevantes. La diversidad de voces expertas en este proyecto aborda una de las principales deficiencias de la enseñanza tradicional, ya que los estudiantes se benefician de la riqueza de perspectivas y enfoques pedagógicos presentados por expertos destacados en el campo.

Más allá del contenido teórico, este proyecto lleva la educación a un nivel superior al presentar ejemplos prácticos a través de las maquetas y simuladores del Aula Taller de Instalaciones de la ETSEM-UPM. También se fomenta el pensamiento crítico, un aspecto que a menudo se pasa por alto en la enseñanza tradicional, puesto que los estudiantes son desafiados a analizar y evaluar diferentes enfoques, lo que contribuye a un pensamiento más profundo y a la mejora de sus habilidades analíticas.

Los resultados demuestran que esta iniciativa no solo refuerza la educación académica, sino que también promueve valores de inclusión, cooperación y responsabilidad social.

Palabras clave: *Aprendizaje-servicio, pobreza energética, eficiencia energética, compromiso comunitario, educación inclusiva.*

ABSTRACT

This educational innovation project presents an inclusive and collaborative approach that combines experiential learning with awareness of energy efficiency in the real estate sector. Under this initiative, university students and students with intellectual disabilities work together to develop a podcast with monthly episodes. The students are responsible for developing the topics and addressing various sections related to responsible energy consumption and sustainability, offering practical and accessible advice to society. Additionally, the podcast includes interviews with professionals from the energy and real estate sectors, who share their experiences and provide relevant perspectives. The diversity of expert voices in this project addresses a key gap in traditional education by allowing students to benefit from a wealth of perspectives and pedagogical approaches presented by distinguished experts in the field.

Beyond theoretical content, this project elevates education by presenting practical examples through models and simulators in the Installation Workshop Classroom at ETSEM-UPM. It also fosters critical thinking,

an often-overlooked aspect in traditional education, as students are challenged to analyze and evaluate different approaches, contributing to deeper thinking and enhanced analytical skills.

The results demonstrate that this initiative not only reinforces academic education but also promotes values of inclusion, cooperation, and social responsibility.

Keywords: *Service-learning, energy poverty, energy efficiency, community engagement, inclusive education*

1. INTRODUCCIÓN

La incorporación de metodologías activas en el ámbito universitario se ha consolidado como una estrategia pedagógica clave para mejorar el aprendizaje, la motivación del alumnado y su preparación para los retos del mundo profesional. En particular, enfoques como el aprendizaje basado en proyectos, la clase invertida o el aprendizaje-servicio han demostrado su eficacia para fomentar competencias transversales, el pensamiento crítico y la resolución colaborativa de problemas (Biggs y Tang, 2011; De Miguel, 2006).

En paralelo, el sector de la edificación enfrenta grandes desafíos relacionados con la sostenibilidad, la eficiencia energética y la adaptación al cambio climático. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) —especialmente los ODS 7, 11 y 13— instan a promover un consumo responsable de energía, así como infraestructuras inclusivas, seguras y sostenibles. Según datos del IDAE (2023), el 30% del consumo energético en España proviene del sector residencial, lo que subraya la importancia de sensibilizar y formar a profesionales técnicos en esta materia desde una etapa temprana de su formación.

Al mismo tiempo, la inclusión de personas con discapacidad intelectual en entornos universitarios y proyectos de aprendizaje compartido es una línea emergente de innovación educativa. Diversos estudios han demostrado que la interacción con personas con distintas capacidades favorece una educación más inclusiva, desarrollando habilidades sociales, empatía y capacidad de comunicación en los estudiantes universitarios (Booth y Ainscow, 2015; UNESCO, 2020).

En este contexto, el proyecto **"Pódcast inclusivo sobre eficiencia energética y sostenibilidad en edificación"**, desarrollado en la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid (ETSEM-UPM), surge como una experiencia innovadora que une sostenibilidad, tecnología, educación inclusiva y metodología activa. Basado en el modelo de clase invertida y el aprendizaje experiencial, este proyecto plantea que los estudiantes universitarios, en colaboración con personas con discapacidad intelectual del Programa FOCUS de Down Madrid, generen contenidos técnicos y divulgativos a través de un pódcast mensual.

Los episodios abordan temas relacionados con las instalaciones en edificación —electricidad, climatización, energía solar, ventilación o agua—, con un enfoque práctico, accesible y riguroso. Esta dinámica permite desarrollar competencias como la investigación, el trabajo en equipo, la comunicación efectiva y la transferencia de conocimiento técnico a públicos diversos, todo ello desde una perspectiva inclusiva y transformadora.

2. OBJETIVOS

En este marco, el proyecto tiene como finalidad principal desarrollar una propuesta educativa inclusiva que utilice el formato pódcast para divulgar, de forma accesible, el conocimiento sobre instalaciones en edificación y eficiencia energética. Se pretende explicar cómo funcionan estas instalaciones en la vida cotidiana, utilizando un lenguaje claro y ejemplos comprensibles para personas con discapacidad intelectual.

Además, se busca fomentar la participación activa de expertos del sector, cuyas aportaciones enriquecerán el contenido desde una perspectiva profesional. El trabajo colaborativo entre estudiantes universitarios y alumnos del Programa FOCUS es otro eje fundamental del proyecto, ya que permite potenciar la inclusión, la comunicación y el aprendizaje mutuo. Para reforzar el componente práctico, se aprovechará el Aula Taller de la ETSEM como espacio demostrativo, donde se puedan mostrar casos reales de instalaciones.

Finalmente, este proyecto promueve valores clave como la sostenibilidad, la participación social y el aprendizaje compartido, contribuyendo así a una educación más justa, accesible y comprometida con los retos actuales.

3. METODOLOGÍA

3.1 Preparación e investigación previa:

Como primer paso, se han conformado grupos de trabajo mixtos compuestos por 6 o 7 personas, integrando tanto estudiantes de la ETSEM como alumnos del Programa FOCUS. La composición de los grupos se ha realizado tras un análisis previo de compatibilidades, teniendo en cuenta los intereses, las habilidades comunicativas y las capacidades individuales de cada participante. Este enfoque busca favorecer una colaboración equilibrada, en la que todos los miembros puedan aportar y aprender desde sus propias fortalezas.

Una vez formados los grupos, se inicia la fase de preparación e investigación. En ella, los participantes abordan los temas asignados relacionados con las instalaciones en edificación, siguiendo una progresión lógica que comienza por los conceptos fundamentales (como la electricidad básica, el agua o la climatización) y avanza hacia sistemas más complejos y específicos.

Para el desarrollo de esta fase, se emplean diferentes recursos de apoyo: materiales de referencia adaptados, artículos académicos seleccionados y los medios disponibles en el Aula Taller de Instalaciones de la ETSEM. Esto permite combinar el aprendizaje teórico con una comprensión práctica, reforzando la asimilación de contenidos desde un enfoque accesible e inclusivo.

3.2 Planificación y guionización:

Una vez realizada la fase de investigación, se procede a la planificación y guionización de los episodios del pódcast. El contenido se organiza en una serie de episodios temáticos, estructurados siguiendo una progresión lógica y técnica que parte de los fundamentos básicos —como el origen y uso de la energía o las instalaciones más comunes en una vivienda— hasta llegar a aplicaciones prácticas más complejas relacionadas con la eficiencia energética y la sostenibilidad en la edificación.

Cada episodio se guioniza de forma detallada, definiendo con claridad los objetivos específicos, el contenido principal y el tipo de lenguaje a utilizar, que debe ser accesible y comprensible para todos los perfiles de los participantes, especialmente para los alumnos del Programa FOCUS. Se incorporan ejemplos cotidianos, analogías visuales y recursos didácticos que facilitan la comprensión y promueven el aprendizaje significativo.

Asimismo, se planifica la inclusión de entrevistas con expertos del sector energético y de la edificación, seleccionados por su capacidad para comunicar de manera clara y pedagógica. Estas intervenciones tienen como finalidad enriquecer el contenido técnico del pódcast y conectar los temas tratados con la realidad profesional del sector.

Hasta el momento, se han grabado diez episodios con temáticas variadas y adaptadas al público objetivo. El *Episodio 1* aborda las instalaciones de saneamiento y suministro de agua; el *Episodio 2* cuenta con la participación de Miquel Baquero Arenal, profesor de instalaciones en la ETSIDI, perteneciente a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM); el *Episodio 3* se centra en las instalaciones de climatización; mientras que en el *Episodio 4* participa Kamal Said, representante de la empresa Wavin. El *Episodio 5* trata sobre instalaciones eléctricas; el *Episodio 6* incluye a Juan López-Asiain, del Consejo General de Arquitectos Técnicos de España; y el *Episodio* 7 se dedica a paneles solares. En el *Episodio 8* participa Víctor Sardá, Director del Grado Inmobiliario UPM-ASPRIMA-APCEspaña y Subdirector de Relaciones Institucionales y Comunicación, cargo que desempeña en la ETSEM. El *Episodio 9* profundiza en las instalaciones de ventilación, y finalmente, el *Episodio 10* cuenta con la colaboración de Javier Ocaña, de la Fundación Naturgy.

3.3 Desarrollo de actividades prácticas en el Aula Taller:

Se realizan sesiones presenciales en el Aula Taller de Instalaciones, espacio equipado con sistemas reales que reproducen las condiciones de un edificio, permitiendo la observación y manipulación directa de los

diferentes tipos de instalaciones. Durante estas sesiones, los estudiantes aplican y contextualizan los conocimientos teóricos, facilitando un aprendizaje experiencial profundo y significativo.

En la **Figura 1** se refleja una de estas actividades prácticas, centrada en la explicación del sistema de saneamiento en nuestros hogares. En ella, el profesorado detalla el recorrido de las tuberías de evacuación y ventilación, mostrando en tiempo real cómo se gestionan las aguas residuales y pluviales dentro de un edificio. Esta experiencia permite al alumnado visualizar con claridad el funcionamiento interno del sistema y resolver dudas directamente sobre elementos reales.

En la **Figura 2** se documenta la sesión dedicada a los sistemas de Agua Caliente Sanitaria (ACS). Durante esta práctica, se elaboró una explicación completa del ciclo del ACS, incluyendo la captación, calentamiento, acumulación y distribución del agua. Los estudiantes pudieron interactuar con los distintos componentes (como calentadores, acumuladores y tuberías), reforzando su comprensión del sistema y su aplicación en instalaciones domésticas.

Por último, en la **Figura 3**, se recoge la actividad centrada en los sistemas de suelo radiante, donde se explicaron tanto el principio de funcionamiento como los materiales y capas que lo componen. Se mostró la distribución de los tubos, el aislamiento necesario y su integración con la instalación general de climatización. Esta práctica resultó especialmente útil para comprender los beneficios del suelo radiante en términos de eficiencia energética y confort térmico.



Figura 1. Explicación saneamiento en nuestros hogares en el Aula Taller



Figura 2. Explicación sistemas ACS en nuestros hogares

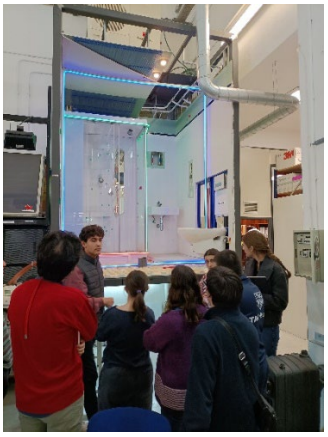


Figura 3. Explicación sistemas suelo radiante en nuestros hogares

3.4 Producción y postproducción del pódcast:

El equipo de estudiantes se encarga de la grabación de los episodios, asegurando la participación activa y colaborativa de todos los miembros, con especial atención a mantener una comunicación clara y adaptada a todos los públicos.

Se emplean herramientas profesionales de edición de audio para garantizar la calidad sonora y la coherencia del contenido. Se integran las entrevistas con profesionales y se ajustan los materiales para lograr un producto final riguroso, pedagógico y atractivo para la audiencia.

En la **Figura 4** se muestra un momento del Episodio 5, centrado en las instalaciones eléctricas, donde se abordan los principales elementos del sistema, así como recomendaciones prácticas y conceptos clave para su comprensión por parte del público general.

Por su parte, la **Figura 5** refleja un fragmento del Episodio 6, en el que se cuenta con la participación de Juan López-Asiain, representante del Consejo General de Arquitectos Técnicos de España. En este episodio se profundiza en la importancia de la rehabilitación energética y el papel de los arquitectos técnicos en el impulso de soluciones sostenibles e inclusivas.



Figura 4. Episodio 5, instalaciones eléctricas.



Figura 5. Episodio 6, con Juan López-Asiain del Consejo General de Arquitectos Técnicos de España.

3.5 Difusión y evaluación continua:

Los episodios del pódcast se difunden con una periodicidad mensual a través de diversas plataformas digitales, incluyendo Spotify, YouTube, Instagram y LinkedIn, con el objetivo de alcanzar tanto a la comunidad universitaria como al público general. Se presta especial atención a la accesibilidad, adaptando los contenidos para facilitar su comprensión por parte de audiencias diversas.

Para facilitar el acceso a estos contenidos, se han generado distintos códigos QR que permiten la conexión directa con cada canal del pódcast. En la **Figura 6** se presenta el código QR correspondiente al canal de YouTube, donde se publican las versiones audiovisuales de los episodios. La **Figura 7** muestra el acceso directo a Spotify, una de las plataformas más utilizadas para la escucha en formato solo audio. Por su parte, en la **Figura 8** se incluye el código QR al canal de LinkedIn, desde donde se difunden los episodios acompañados de reflexiones técnicas y profesionales, mientras que en la **Figura 9** se ofrece el enlace directo al perfil de Instagram, utilizado para acercar los contenidos de forma más visual y dinámica, especialmente al público joven.



Figura 6. Código QR con acceso directo al canal de YouTube.



Figura 7. Código QR con acceso directo al canal de Spotify.



Figura 8. Código QR con acceso directo al canal de Linkedin.



Figura 9. Código QR con acceso directo al canal de Instagram.

3.6 Evaluación continua:

Se implementan mecanismos de evaluación formativa mediante herramientas cualitativas y cuantitativas (encuestas, formularios de opinión, observación directa), destinados a recoger valoraciones de oyentes y participantes, y a introducir mejoras progresivas en los contenidos y el formato del proyecto.

El equipo docente lleva a cabo un seguimiento sistemático de las competencias desarrolladas por el alumnado, analizando su evolución en ámbitos técnicos, comunicativos, sociales e inclusivos, y promoviendo la reflexión crítica y el aprendizaje colaborativo como parte del proceso formativo.

4. RESULTADOS

El proyecto ha generado un producto comunicativo innovador y con alto valor pedagógico: el pódcast Nos movemos por la pobreza energética, centrado en acercar los conceptos básicos de las instalaciones en edificación a personas con discapacidad intelectual, desde una perspectiva práctica, accesible y profesional. Paralelamente, se han desarrollado recorridos pedagógicos inclusivos en el Aula Taller de la ETSEM, que han permitido una transferencia de conocimientos más directa y experiencial.

Los episodios del pódcast, elaborados por estudiantes de Grado en Edificación, combinan explicaciones didácticas, casos reales y entrevistas con especialistas del sector, fomentando una divulgación técnica adaptada y rigurosa. Estas acciones han fortalecido competencias clave como la comunicación inclusiva, el trabajo en equipo, la planificación de contenidos y el manejo de herramientas de edición sonora.

La evaluación se realizó a través de encuestas dirigidas a participantes de ambas partes del proyecto. Los resultados se resumen en los siguientes gráficos, adjuntando la **Figura 10** siendo la rúbrica de los posteriores gráficos:



Figura 10. Rúbrica de evaluación.

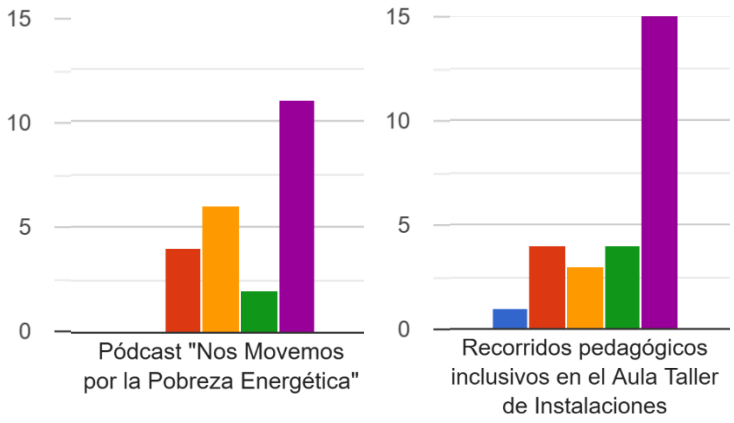


Figura 11. Gráfica satisfacción podcast.

Figura 12. Gráfica recorridos pedagógicos.

Figura 11 y 12. Nivel de satisfacción con las actividades realizadas: la gran mayoría valoró muy positivamente tanto el pódcast como las dinámicas asociadas al, el 75% de los participantes se mostraron *muy satisfechos* con el contenido y la claridad de las explicaciones del pódcast. El 90% de los asistentes calificaron como muy satisfecha la experiencia de los recorridos pedagógicos inclusivos.



Figura 10. Rúbrica de evaluación.

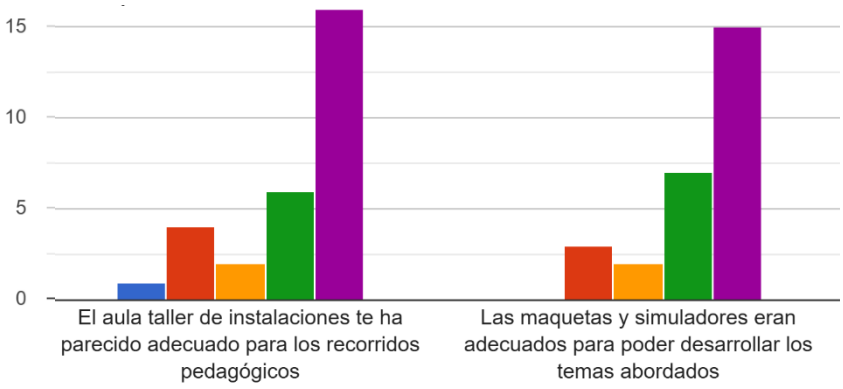


Figura 13. Gráfica Aula Taller.

Figura 14. Gráfica simuladores y material.

Figura 13 y 14. Opinión sobre el entorno y los recursos del Aula Taller: los espacios, maquetas y elementos interactivos fueron percibidos como adecuados para facilitar el aprendizaje colaborativo y práctico. El 90% de los encuestados consideraron que el entorno del Aula Taller es adecuado y motivador para el aprendizaje colaborativo. El 85% valoró positivamente la disponibilidad y calidad de las maquetas y recursos interactivos.

Estas valoraciones confirman de manera clara el impacto positivo que ha tenido el proyecto, tanto en el aprendizaje técnico de los participantes como en la promoción de la inclusión social y la transferencia de conocimiento entre distintos perfiles académicos y profesionales.

5. CONCLUSIONES

Este proyecto ha demostrado que los pódcast y los recorridos pedagógicos pueden ser herramientas eficaces para acercar conceptos técnicos a públicos diversos, especialmente cuando se abordan desde una perspectiva inclusiva y social. Aunque el formato del pódcast ha facilitado la comprensión de temas complejos como la eficiencia energética entre los estudiantes universitarios, el verdadero valor de la experiencia ha residido en aprender a comunicar ese conocimiento de forma clara, accesible y rigurosa, especialmente para los participantes del Programa FOCUS de Down Madrid.

Esta experiencia ha puesto de relieve que saber explicar es tan importante como saber, y que adaptar el lenguaje técnico no significa simplificar el contenido, sino hacerlo comprensible sin perder profundidad. En

este sentido, el proyecto ha supuesto también una valiosa lección de aprendizaje continuo, tanto en el plano técnico como en el humano.

Los recorridos pedagógicos, por su parte, han permitido trasladar el contenido al entorno físico, fortaleciendo el vínculo entre teoría y práctica. Han contribuido a visualizar conceptos como el consumo responsable, el uso eficiente de la energía y su impacto en la vida cotidiana, desde un enfoque experiencial y colaborativo.

En conjunto, esta iniciativa ha representado una oportunidad para integrar tecnología, compromiso social y formación técnica, demostrando que es posible desarrollar proyectos educativos con un impacto real y transformador.

Como línea de mejora, se plantea incorporar herramientas de accesibilidad digital más avanzadas —como subtítulos automáticos, pictogramas o versiones en lectura fácil—, así como ampliar la participación de expertos del sector para enriquecer el contenido técnico. Asimismo, el modelo de pódcast inclusivo podría replicarse en otras Escuelas Técnicas de la Universidad Politécnica de Madrid o en instituciones educativas similares, adaptando los contenidos a diferentes áreas de especialización (energías renovables, urbanismo, estructuras, etc.). De este modo, se podría extender el alcance del proyecto y consolidar una red de aprendizaje inclusivo e interdisciplinar, comprometido con la sostenibilidad y la equidad educativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Booth, T., & Ainscow, M. (2015). *Index for Inclusion: Developing Learning and Participation in Schools*. Centre for Studies on Inclusive Education (CSIE).

De Miguel, M. (2006). *Metodologías activas para la formación de competencias*. Universidad de Oviedo. Ministerio de Educación y Ciencia. [Disponible en: https://www.educacion.gob.es/]

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). (2023). *Consumo energético del sector residencial en España*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. [https://www.idae.es]

UNESCO. (2020). *Guía para asegurar la inclusión y la equidad en la educación*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374330]

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA HÍBRIDA EN LA UPV: ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD DEL ALUMNADO EN ASIGNATURAS ONLINE Y PRESENCIALES

HYBRID TEACHING STRATEGIES AT UPV: AN ANALYSIS OF STUDENT ACTIVITY IN ONLINE AND ON-CAMPUS COURSES

Carolina Aparicio-Fernández [(1)], Emma Barelles-Vicente [(2)], María Eugenia Torner-Feltrer[(3)], Mar Cañada-Soriano [(4)]

[1] Building Technology Research Centre, Universitat Politècnica de València, 46022, Valencia, Spain, caap@csa.upv.es
[2] Department of Construction Architecture, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Spain, ebarelle@arq.upv.es
[3] Department of Continuous Medium Mechanics and Theory of Structure, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Spain, meutorfe@upvnet.upv.es
[4] Department of Applied Thermodynamics, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Spain, macaaso@.upv.es

RESUMEN

Este estudio examina el impacto de la modalidad de enseñanza (presencial o en línea) en la interacción de los estudiantes con recursos digitales en la Universitat Politècnica de València. Se utilizó un enfoque mixto, combinando datos cuantitativos de análisis de aprendizaje y perspectivas cualitativas de encuestas y grupos focales de estudiantes. Los resultados muestran que la enseñanza en línea aumenta la interacción de los estudiantes con recursos digitales, particularmente durante períodos críticos del semestre, mientras que la enseñanza presencial promueve un esfuerzo académico más continuo. Sin embargo, las diferencias entre asignaturas sugieren que la respuesta al cambio de modalidad puede variar dependiendo del contenido y el enfoque de la enseñanza.

Los hallazgos del estudio tienen implicaciones para el diseño de entornos educativos híbridos que combinen las ventajas de la enseñanza presencial y en línea, mejorando así la experiencia y el rendimiento académico de los estudiantes. Los resultados destacan la necesidad de que los educadores consideren el impacto de la modalidad de enseñanza en la interacción de los estudiantes con recursos digitales y desarrollen estrategias para apoyar a los estudiantes en ambos entornos de aprendizaje en línea y presencial.

Palabras clave: *Enseñanza en línea, Recursos digitales, Interacción estudiante-recursos, Entornos educativos híbridos, Análisis de aprendizaje.*

ABSTRACT

This study examines the impact of teaching modality (face-to-face or online) on students' interaction with digital resources at the Universitat Politècnica de València. A mixed-methods approach was used, combining quantitative data from learning analytics and qualitative insights from student surveys and focus groups. The results show that online teaching increases student interaction with digital resources, particularly during critical periods of the semester, while face-to-face teaching promotes a more continuous academic effort. However, differences between subjects suggest that the response to modality changes may vary depending on the content and approach of the teaching.

The study's findings have implications for the design of hybrid educational environments that combine the benefits of face-to-face and online teaching, improving student experience and academic performance. The results highlight the need for educators to consider the impact of teaching modality on student engagement

with digital resources and to develop strategies to support students in both online and face-to-face learning environments.

Keywords: *Online teaching, Digital resources, Student-resource interaction, Hybrid educational environments, Learning analytics.*

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la educación superior ha experimentado transformaciones significativas debido a factores tecnológicos, pedagógicos y contingencias externas que han desafiado las estructuras tradicionales de enseñanza. La pandemia de COVID-19, por ejemplo, ha catalizado un cambio global hacia la virtualidad, destacando la necesidad de entornos híbridos resilientes capaces de adaptarse a las nuevas realidades (Onyeaka et al., 2024; Singh et al., 2025). Además, eventos climáticos extremos como la Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA) han afectado directamente a instituciones educativas, obligándolas a transitar rápidamente hacia la modalidad online para garantizar la continuidad de los procesos académicos. La DANA colapso la movilidad en toda la zona sur de la ciudad impidiendo que muchos trabajadores y estudiantes pudieran acceder al campus, además del impacto social y psicológico que produjo esta catástrofe sobre los ciudadanos.

En este contexto, la Universitat Politècnica de València (UPV) se enfrentó a un desafío sin precedentes cuando la DANA interrumpió la actividad universitaria de forma drástica del 29 de octubre al 11 de noviembre de 2024. A partir del 11 de noviembre, se implantó obligatoriamente una modalidad online hasta el 6 de diciembre, lo que requirió una transición inmediata y sin precedentes a la enseñanza remota (UPV, n.d.). Este cambio repentino hacia la modalidad online plantea desafíos particulares en campos como las titulaciones técnicas, donde la enseñanza se basa significativamente en la presencialidad y el contacto directo entre estudiantes y profesores (Virtual Blogs, n.d.). El Grado en Arquitectura Técnica es un ejemplo paradigmático de carrera que requiere una combinación equilibrada de habilidades teóricas y prácticas, cuyo aprendizaje puede verse afectado significativamente por la transición a la modalidad online (Ali & Kittur, 2024).

La literatura existente sobre la enseñanza remota en situaciones de crisis ha destacado tanto las oportunidades como las limitaciones del aprendizaje digital (González et al., 2024). Sin embargo, todavía falta una comprensión más profunda y detallada de cómo el cambio de modalidad incide en la dinámica de aprendizaje y la autonomía del alumnado en contextos de emergencia, donde la adaptabilidad y la flexibilidad se convierten en factores clave para el éxito académico. La investigación sobre la enseñanza remota ha identificado varios desafíos, como la falta de interacción social, la dificultad para mantener la motivación y la concentración, y la necesidad de desarrollar habilidades tecnológicas y de autogestión (Bir, 2019; Jo, 2023).

En este sentido, el presente artículo busca analizar comparativamente el comportamiento académico del estudiantado en dos asignaturas del Grado en Arquitectura Técnica impartida en la UPV durante dos cursos consecutivos: uno en modalidad presencial (2023-2024) y otro en modalidad online (2024-2025), debido a la interrupción causada por la DANA. Utilizando datos de la plataforma institucional Poliformat, este estudio tiene como objetivo identificar patrones de uso y dinámicas de aprendizaje diferenciadas entre ambas cohortes, contribuyendo así al debate sobre los modelos híbridos o flexibles en educación superior y ofreciendo insights valiosos para la mejora continua de los procesos educativos en entornos cambiantes. Al explorar las experiencias de los estudiantes en ambos contextos, este estudio busca proporcionar una visión más completa de cómo la enseñanza remota puede influir en el aprendizaje y la autonomía del alumnado, y cómo las instituciones educativas pueden diseñar estrategias efectivas para apoyar a sus estudiantes en situaciones de emergencia.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este documento es analizar cómo la modalidad de enseñanza ya sea presencial o en línea, implementada durante y como resultado de la DANA, ha afectado el comportamiento digital de los estudiantes y su rendimiento académico en dos asignaturas universitarias específicas de la misma titulación ofrecidas por la Universitat Politècnica de València (UPV), considerando cursos académicos consecutivos. A través del estudio comparativo de dos grupos de estudiantes que cursaron la misma asignatura en modalidades diferentes (presencial y online) durante este período. Se busca comprender cómo cada formato de enseñanza ha influido en la interacción de los estudiantes con los recursos digitales proporcionados por la

UPV, como PoliformaT u otros entornos de aprendizaje virtual, y consecuentemente, en sus resultados académicos. El estudio pretende proporcionar conclusiones y recomendaciones valiosas para el diseño de cursos y programas académicos que maximicen las ventajas de ambas modalidades de enseñanza, potencialmente conduciendo al desarrollo de modelos híbridos que ofrezcan flexibilidad y estructura pedagógica adecuadas para mejorar la experiencia educativa y el desempeño del alumnado en la UPV, especialmente en contextos donde la adaptabilidad a nuevas situaciones como la DANA es crucial.

Los objetivos de este estudio son, en primer lugar, incluir de forma explícita la referencia a la DANA para contextualizar mejor el análisis. En segundo lugar, situar la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) como el entorno institucional del estudio. También se busca analizar el uso de los recursos digitales proporcionados por la UPV, como la plataforma PoliformaT, en las modalidades presencial y online. Por último, se pretende destacar la importancia de la adaptabilidad ante situaciones excepcionales, como la DANA, en el diseño de cursos y programas académicos.

3. METODOLOGÍA

El presente estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo, descriptivo y comparativo, orientado a analizar el comportamiento académico del alumnado universitario en dos escenarios docentes diferenciados: la enseñanza presencial y la enseñanza online.

La investigación se ha centrado en dos asignaturas obligatorias del Grado en Arquitectura Técnica de la Universitat Politècnica de València (UPV), impartida en dos cursos académicos consecutivos bajo condiciones docentes diferentes, pero manteniendo constantes todos los elementos relacionados con la planificación, los contenidos, el equipo docente, el sistema de evaluación y el calendario académico. Esta continuidad garantiza que la variable comparada sea únicamente el formato de impartición, lo que refuerza la validez del análisis realizado. Las asignaturas objeto de estudio son: Instalaciones I (a partir de ahora se nombrará como INST I) y Calidad de la Edificación (a partir de ahora se nombrará como CE). INST I es una asignatura de segundo curso con carácter básico de 6 ECTS del primer cuatrimestre y se distribuye la docencia en 3.9 ECTS de teoría y 2.1 ECTS de prácticas de aula y laboratorio. El tamaño de la muestra viene dado por el número total de alumnos matriculados, que ha sido de 174 y 218 alumnos en cada uno de los cursos analizados respectivamente. La segunda asignatura analizada es CE de carácter básico con 6 ECTS en el primer cuatrimestre de tercer curso y se distribuye la docencia en 3.9 ECTS de teoría y 2.1 ECTS de prácticas de aula y laboratorio. El tamaño de la muestra viene dado por el número total de alumnos matriculados, que ha sido de 92 y 105 alumnos en cada curso respectivamente.

La fuente principal de datos ha sido la plataforma institucional de enseñanza virtual Poliformat, desde la cual se ha recopilado información sobre la interacción de los estudiantes con los recursos digitales ofrecidos en la asignatura. Las variables consideradas han sido el número total de visitas a dichos recursos, el número de visitantes únicos, la frecuencia y distribución temporal de los accesos, así como la distribución del uso según el tipo de material didáctico consultado (documentos, presentaciones, vídeos, etc.). Estos indicadores permiten observar el grado de implicación y el ritmo de trabajo del alumnado a lo largo del semestre.

Los registros han sido organizados en series temporales semanales, lo que ha permitido generar un conjunto de gráficas analíticas que facilitan la comparación entre ambas asignaturas y curso. A partir de estas visualizaciones, se han interpretado los picos de actividad, las fases de baja implicación, y el comportamiento en torno a fechas clave del calendario académico como las entregas parciales o la evaluación final. Así mismo, se han calculado diferencias absolutas y porcentuales entre los cursos, con el fin de cuantificar de forma precisa las variaciones detectadas.

El análisis ha seguido un criterio exploratorio, atendiendo tanto a los valores agregados como a las tendencias emergentes en el uso del aula virtual. El interés no se ha centrado únicamente en los resultados académicos, sino en la observación del proceso de estudio, entendiendo este como una dimensión fundamental del aprendizaje universitario. En este sentido, se ha puesto el foco en la evolución del compromiso del alumnado con los recursos docentes disponibles, así como en la distribución del esfuerzo académico a lo largo del semestre. Esta perspectiva permite aportar una lectura más rica sobre la relación entre el formato de impartición y las dinámicas reales de trabajo del estudiante, especialmente en titulaciones técnicas donde la constancia y la secuencialidad de las tareas son factores clave del éxito académico.

4. RESULTADOS

El análisis de los datos recopilados a partir de la actividad registrada en la plataforma docente virtual y los resultados académicos obtenidos por el alumnado permite identificar patrones diferenciados entre los cursos 2023–2024 (modalidad presencial) y 2024–2025 (modalidad online durante un mes entre las semanas de la 11 a la 14). Ambos cursos presentan un volumen de matriculación comparable en ambas asignaturas, lo que permite una comparación equitativa en términos estadísticos. Teniendo en cuenta los datos obtenidos en la plataforma de la UPV sobre el número total de visitas realizadas por los alumnos (*V*) y el número de alumnos únicos que han accedido para acceder a los recursos de la asignatura (*VU*), se ha calculado el porcentaje de alumnos que han accedido semanalmente (considerando 5 días hábiles) teniendo en cuenta el número total de alumnos matriculados en cada asignatura. Esto nos permite comparar directamente los resultados en porcentaje de ambas asignaturas tal y como se representa en la Figura 1 y 2 para la asignatura de CE y de INST I respectivamente. En estas figuras también se han indicado los periodos de examen de cada uno de los cursos analizados y el periodo afectado por la docencia online debido a la DANA.

Las gráficas representan el porcentaje (%) de visitantes únicos (VU) con respecto a un máximo del 100% de los alumnos matriculados y de los visitantes totales (V) también en % y con respecto al número de alumnos matriculados, siendo el máximo de un 200%, lo que implica que habrá alumnos que durante la semana accedan a la plataforma más de 1 vez al día, concretamente un promedio de 2 veces al día.

Desde una perspectiva cuantitativa, los datos extraídos de Poliformat reflejan no solo el volumen de uso, sino también la intensidad del seguimiento académico, y muestran una clara relación entre los resultados. En ambas asignaturas se aprecia cómo se incrementa la actividad con claros picos en la plataforma coincidiendo con los exámenes parciales para ambos cursos consecutivos. No obstante, en la asignatura de CE hay una media de 2 accesos por estudiante y día en este periodo mientras que en la de INST I esta media es de 3 accesos por estudiante. Por otro lado, en el curso 2024-2025 se aprecia cómo disminuye la actividad online para ambas asignaturas durante la semana 9 en la que se disminuye drásticamente la actividad en la plataforma debido a la interrupción de la docencia. Una vez recuperada la docencia online, en la asignatura de INST I se ve cómo se incrementa la actividad generando un pico en la semana 11, efecto que se ve reflejado en la asignatura de CE en el pico de la semana 10. Una vez recuperada la docencia presencial, también se incrementa la actividad en los periodos de exámenes y en las entregas de trabajos. Asimismo, el porcentaje de visitantes únicos fue sistemáticamente superior en la modalidad online durante los meses de mayor actividad académica. Estos datos sugieren que el entorno virtual promueve un uso intensivo de la plataforma en momentos clave del semestre, con concentraciones de actividad en los períodos inmediatamente anteriores a las pruebas de evaluación.

Otros datos extraídos de la plataforma Poliformat es el número de visitas realizadas por los alumnos durante los cursos 2023/2024 y 2024/2025 fue en INST I de 13654 y 13733, de los cuales 174 y 218 eran alumnos matriculados respectivamente. Y en CE hubo 4641 y 5037 visitas de los 92 y 105 alumnos matriculados cada curso. Esto significa que la ratio de visitas por alumno es de unas 50 en la asignatura de CE. Para la de INST la ratio de visitas por alumnos fue de 78 en el 2023-2024 y de 63 en el curso 2024-2025. Por otro lado, el tiempo medio empleado por alumno fue de 59 y 46.4 minutos por visita en la asignatura de CE y de 103.9 y 46.4 minutos en la asignatura de INST I. Cabe destacar que la plataforma sólo es accesible para los miembros matriculados en la asignatura y los profesores. Esta contiene el material necesario para cursar la asignatura, así como exámenes de años anteriores, la guía docente y material de apoyo extra aparte del necesario para aprobar la asignatura. Además, la plataforma se puede utilizar para realizar exámenes u otro tipo de evaluación.

Tenemos que destacar que durante el periodo de docencia online se utilizó la plataforma Teams para impartir las clases, pero para compartir material se utilizó Poliformat, por eso la actividad en Poliformat se ve aumentada en el curso 2024-2025 de forma puntual, pero como cómputo final de tiempo de visita se ve disminuido en ambas asignaturas.

En la Figura 1 se representan los accesos a la plataforma de la asignatura de CE en los dos cursos consecutivos viendo claramente cómo ha afecta la docencia online en el curso 2024-2025 ya que en los picos no coinciden con los exámenes, pero sí se aprecia un pico en la semana 10, cuando se implanta la docencia online y en la semana 14 coincidente con el fin de la docencia online y el inicio de la presencial. La diferencia entre VU y V es a lo largo del cuatrimestre casi el doble, siendo más coincidente este valor en los picos, esto me indica claramente que cada alumno tiene 2 accesos por día.

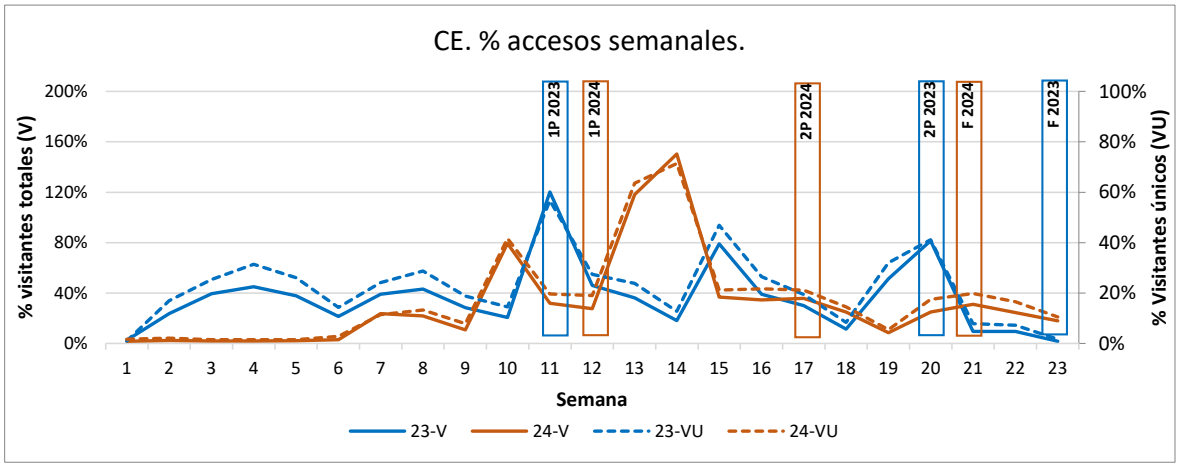


Figura 1. Calidad en la Edificación (CE). Porcentaje total accesos a la plataforma (V) y por alumno único (VU)

La Figura 2 representa el porcentaje de alumnos que visita la asignatura de INST I durante los dos cursos consecutivos. En esta asignatura el resultado es algo diferente a la anterior. Los picos de uso de la plataforma se ven claramente afectados por las evaluaciones del curso. Por otro lado, la diferencia entre visitantes únicos y totales también se aumentada en estas fechas señaladas. En esta asignatura hay mayor diferencia entre VU y V en los picos que coinciden con los exámenes lo que significa que hay alumnos que acceden más de 2 veces al día a la plataforma a consultar el material aportado por los profesores.

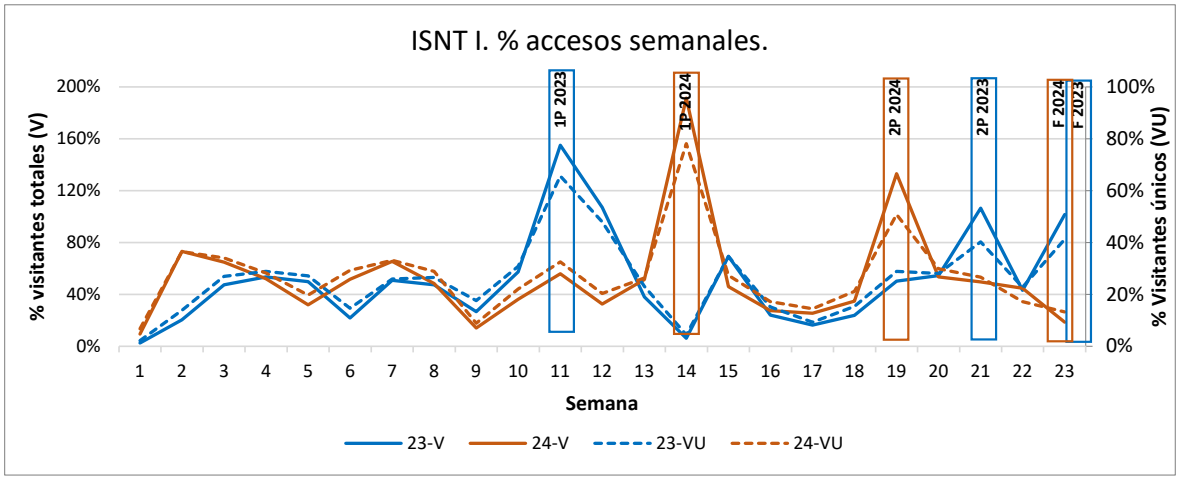


Figura 2. Instalaciones I (INST I). Porcentaje total accesos a la plataforma (V) y por alumno único (VU)

En ambas asignaturas se puede decir que cada una de las asignaturas ha tenido una respuesta distinta a la implantación de la docencia online. En la asignatura de INST I se aprecia un incremento de la actividad online cuando hay exámenes parciales con respecto al curso anterior, mientras que en CE este efecto no se ve tan señalado.

Con respecto a las actividades realizadas a lo largo del curso, en ambas asignaturas se siguió el criterio implantado desde principio de curso. No obstante, en la asignatura de CE tiene un mayor peso la entrega de trabajos por curso que en INST I, esto hace que en CE también se vea representado el pico de la entrega del trabajo por curso en la semana 14 del curso 2024-2025.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permiten concluir que la modalidad de enseñanza condiciona significativamente el comportamiento del alumnado frente a los recursos digitales. La docencia online favorece una interacción más intensiva con los entornos virtuales, especialmente en los momentos clave del semestre, mientras que la modalidad presencial promueve un esfuerzo académico más continuo a lo largo del curso.

A pesar de estas diferencias, no se aprecian variaciones significativas en los resultados académicos finales, lo que indica que tanto el profesorado como el estudiantado han demostrado una notable capacidad de adaptación ante situaciones excepcionales como la causada por la DANA. La capacidad de respuesta tanto de la institución como del cuerpo docente contribuye a sostener la calidad del aprendizaje en escenarios excepcionales.

Además, se observa que las dos asignaturas objeto del estudio, no responden de manera uniforme al cambio de modalidad. Esto es debido a que las características específicas de cada materia como son el peso de las prácticas o la naturaleza de las evaluaciones condicionan el impacto de la docencia online en la participación del alumnado.

Los recursos digitales accesibles a través de la plataforma UPV, como PoliformaT y la plataforma Teams, han sido fundamentales para garantizar la continuidad académica, mostrando la importancia de contar con infraestructuras tecnológicas sólidas y accesibles para toda la comunidad universitaria.

En conclusión, los resultados apuntan hacia el potencial de los modelos híbridos como vía para integrar las fortalezas de la enseñanza presencial y online. Diseñar entornos educativos flexibles, estructurados y adaptables contribuirá a mejorar la experiencia y el rendimiento académico del alumnado. Como posible línea futura, se propone complementar el análisis cuantitativo con una exploración cualitativa basada en encuestas o entrevistas, que permita recoger las percepciones y experiencias del estudiantado implicado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ali, Y., & Kittur, J. (2024). Teaching Online Engineering: A Systematic Literature Review. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. American Society for Engineering Education. https://doi.org/10.18260/1-2--48064

Bir, D. D. (2019). Comparison of Academic Performance of Students in Online Vs Traditional Engineering Course. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, *22*(1), 1–13. https://doi.org/10.2478/EURODL-2019-0001

González, C., López, D., Calle-Arango, L., & Montenegro, H. (2024). Learning Approaches and Use of Physical and Digital Educational Resources in Higher Education. *Revista Colombiana de Educacion*, *92*, 49–71. https://doi.org/10.17227/rce.num92-16833

Jo, H. (2023). From Classroom to Screen: Analyzing the Mechanisms Shaping E-Learning Benefits Amidst COVID-19. *Journal of the Knowledge Economy*. https://doi.org/10.1007/s13132-023-01614-0

Onyeaka, H., Passaretti, P., & Miller-Friedmann, J. (2024). Teaching in a pandemic: a comparative evaluation of online vs. face-to-face student outcome gains. *Discover Education*, *3*(1), 1–11. https://doi.org/10.1007/S44217-024-00140-8/TABLES/3

Singh, R. K., Bathla, G., Singh, P., Choudhury, T., & Um, J. S. (2025). Performance comparison between E-learning during COVID-19 pandemic versus traditional classes utilizing sentiment analysis. *Spatial Information Research*, *33*(1). https://doi.org/10.1007/s41324-024-00600-1

UPV. (n.d.). *Circular-PDI-docencia-es*. Retrieved April 6, 2025, from https://dana.upv.es/wp-content/uploads/2024/11/Circular-PDI-docencia-es.pdf

Virtual Blogs. (n.d.). *Virtual UPV*. Virtual Blogs. Retrieved April 6, 2025, from https://virtual.blogs.upv.es/

WELCOME DAYS. ACTIVIDADES DE APOYO A LOS ESTUDIANTES DE NUEVO INGRESO EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

WELCOME DAYS. SUPPORT ACTIVITIES FOR NEW ENTRANCE STUDENTS IN BUILDING ENGINEERING

Mª Rosario Chaza Chimeno[(1)], Mª Dolores Rincón Millán[(2)], Mª Valle García Soria [(3),] Rafael Esteve Pardal[(4)]

[1] Profesora Titular de Universidad, Sevilla, España, chaza@us.es
[2] Profesora Permanente Laboral mod. Contratada Doctora, Sevilla, España, lola_rincon@us.es
[3] Profesora Colaboradora, Sevilla, España, vgs@us.es
[4] Profesor Colaborador, Sevilla, España, resteve@us.es

RESUMEN

Con el objetivo de facilitar la integración de los estudiantes de nuevo ingreso en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE) de la Universidad de Sevilla, se han diseñado diversas actividades de apoyo. Entre estas destacan las jornadas de bienvenida, denominadas ETSIE Welcome Days, y dos seminarios y talleres introductorios en matemáticas y física, enfocados desde la perspectiva del ámbito de la edificación. Estas iniciativas buscan proporcionar un punto de partida sólido para que los estudiantes asienten las bases necesarias para su aprendizaje en la educación superior e inicien con éxito las asignaturas correspondientes.

Las jornadas ETSIE Welcome Days se proponen la semana anterior al inicio del curso académico, con una duración de tres días, donde los estudiantes tendrán la oportunidad de obtener una visión general de las materias que se cursarán en el Grado en Edificación, además de explorar las posibles salidas profesionales, las relaciones con empresas del sector, y las opciones de movilidad internacional. Todo esto se desarrollará en un ambiente amigable y dinámico.

Objetivos de los "ETSIE Welcome Days:

- Familiarización con la escuela: Presentar a los estudiantes los departamentos, servicios, disciplinas y herramientas disponibles, así como los espacios físicos y virtuales donde se desarrollará su aprendizaje.

- Creación de comunidad: Promover el sentido de pertenencia y motivar a los estudiantes para iniciar su formación con entusiasmo.

- Preparación académica: Introducirlos en las enseñanzas y metodologías propias de la Ingeniería de Edificación, marcando objetivos iniciales para su desarrollo académico.

Objetivos de los Seminarios de Inicio en Matemáticas y Física:

- Refuerzo académico: Consolidar conocimientos previos en matemáticas y física para facilitar el aprendizaje en el Grado en Edificación.

- Adaptación al nivel universitario: Asentar las bases necesarias para abordar con éxito las asignaturas técnicas del programa académico.

Palabras clave: *Ingeniería de Edificación, apoyo, estudiantes.*

ABSTRACT

With the aim of facilitating the integration of new students at the School of Building Engineering (ETSIE) of the University of Seville, various support activities have been designed. These include the ETSIE Welcome Days and a series of introductory seminars and workshops in mathematics and physics, focused from the

perspective of the field of building. These initiatives aim to provide a solid starting point for students to lay the necessary foundations for their learning in higher education and to successfully start the relevant subjects.

The ETSIE Welcome Days are proposed the week before the start of the academic year, with a duration of three days, where students will have the opportunity to get an overview of the subjects to be studied in the bachelor's degree in building, as well as explore possible career opportunities, relationships with companies in the sector, and international mobility options. All this will take place in a friendly and dynamic environment.

Objectives of the "ETSIE Welcome Days:

- Familiarisation with the school: To introduce students to the departments, services, disciplines and tools available, as well as the physical and virtual spaces where their learning will take place.

- Community building: Promote a sense of belonging and motivate students to start their training with enthusiasm.

- Academic preparation: To introduce them to the teachings and methodologies of Building Engineering, setting initial objectives for their academic development.

Objectives of the Introductory Seminars in Mathematics and Physics:

The main purpose of the introductory seminars in Mathematics and Physics is to reinforce the academic foundations of incoming students. Their objectives include:

- Academic reinforcement: To consolidate previous knowledge in mathematics and physics to facilitate learning in the bachelor's degree in building.

- Adaptation to university level: To lay the necessary foundations to successfully tackle the technical subjects of the academic programme.

Keywords: *Building Engineering, support, students.*

1. INTRODUCCIÓN

Con el propósito de facilitar la adaptación a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE) de la Universidad de Sevilla a los estudiantes de nuevo ingreso, la Escuela ha diseñado una serie de actividades de apoyo que consisten en jornadas de bienvenida ETSIE Welcome Days[1] y seminarios/talleres de inicio de matemáticas y física desde la perspectiva del campo de la edificación. Estas actividades buscan asentar las bases del aprendizaje en la educación superior e iniciar adecuadamente las asignaturas correspondientes[2].

Esta iniciativa se presenta a la convocatoria anual de la Universidad de Sevilla denominada Planes de Orientación Universitaria y Acción Tutorial (POAT)[3], que cuenta con un plan estructurado y recursos institucionales para acompañar la integración de los estudiantes desde el primer día en nuestra institución. La actividad se ha venido llevando en el marco global de acciones en este ámbito de la orientación y la tutoría.

Tabla 1. Actividades propuestas en el Plan de Orientación Universitaria y Acción Tutorial de la ETSIE. Universidad de Sevilla. Curso 2024/25. Fuente: Elaboración propia.

Actividades propuestas en el Plan de Orientación Tutorial (POAT) de la ETSIE
Jornadas de difusión y reflexión sobre el Reglamento General de Actividades Docentes y su implementación en la ETSIE
Participación de los coordinadores del futuro POAT en las Jornadas sobre Orientación y Acción Tutorial organizadas por el Vicerrectorado de Estudiantes
Oferta formativa específica para PDI de la ETSIE: taller "La acción tutorial universitaria: orientación" a través del ICE
Elaboración y desarrollo de proyectos de innovación docente
Proyecto de investigación sobre la procedencia y base de nuestros estudiantes de nuevo ingreso.

[1] Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de Sevilla. "Welcome Days. Actividades de apoyo a los estudiantes de nuevo ingreso en Ingeniería de Edificación." ETSIE, 2024. Web. 10 jul. 2025. https://etsie.us.es/estudiantes/welcome-days

[2] Guía de buenas prácticas para la transición, el acceso y la acogida del alumnado con necesidad específica de apoyo educativo en los estudios universitarios. Red de Servicios de Apoyo a Personas con Discapacidad en la Universidad (RED SAPDU). CRUE Universidades Españolas. 2020. ISBN: 978-84-09-25727-0

[3] https://cat.us.es/orientacion/planes-de-orientacion-y-accion-tutorial-poat

Actividades propuestas en el Plan de Orientación Tutorial (POAT) de la ETSIE
Salidas a centros de enseñanza secundaria de la provincia de Sevilla.
Representación continuada en el Salón del Estudiante desde su inauguración.
Desarrollo de diferentes Jornadas sobre experiencias de egresados, emprendimiento, la mujer ingeniero de edificación en el sector de la construcción
Actos de bienvenida a los estudiantes de nuevo ingreso
Talleres específicos para profesores y estudiantes sobre nuevas prácticas docentes y estrategias de aprendizaje (ABP: Aprendizaje Basado en Proyectos, Técnicas de estudio adaptado el ámbito técnico…)
Jornadas desde nuestra biblioteca sobre acceso a bases de datos, búsqueda de información y tratamiento de datos

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos de los "Welcome Days":

Los "ETSIE Welcome Days" están diseñados como una experiencia integral de bienvenida para los estudiantes de nuevo ingreso en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Su principal objetivo es facilitar la transición al entorno universitario, asegurando que los estudiantes se sientan acompañados y preparados desde el primer día. Para ello, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Familiarización con la escuela:

Durante estos días, se presenta a los estudiantes los distintos departamentos, servicios y disciplinas que conforman la escuela. Se les da a conocer tanto las herramientas académicas disponibles como los espacios físicos (aulas, laboratorios, bibliotecas) y virtuales (plataformas online, recursos digitales) donde se desarrollará su aprendizaje. Esta primera toma de contacto es fundamental para que los estudiantes se orienten y se sientan cómodos en su nuevo entorno.

- Creación de comunidad:

Otro objetivo esencial es fomentar el sentido de pertenencia entre los estudiantes. A través de actividades grupales, dinámicas de integración y encuentros con compañeros y profesores, se busca motivar a los nuevos alumnos y ayudarles a establecer sus primeras redes de apoyo y colaboración. De este modo, se promueve un ambiente positivo y entusiasta que favorece el inicio de su formación universitaria.

- Preparación académica:

Los Welcome Days también incluyen sesiones informativas sobre las enseñanzas y metodologías propias de la Ingeniería de Edificación. Se introducen los objetivos académicos iniciales y se orienta a los estudiantes sobre las competencias y habilidades que deberán desarrollar a lo largo de su carrera.

Esta preparación temprana les permite afrontar con mayor confianza y claridad los retos académicos que encontrarán en el Grado.

2.2 Objetivos de los Seminarios de Inicio en Matemáticas y Física:

Los seminarios de iniciación en Matemáticas y Física están especialmente diseñados para reforzar las bases académicas de los estudiantes que comienzan el Grado en Edificación. Estos seminarios cumplen un papel clave en la nivelación de conocimientos y en la adaptación al nuevo contexto universitario. Sus objetivos principales son:

- Refuerzo académico:

Los seminarios se centran en consolidar los conocimientos previos en matemáticas y física, dos áreas fundamentales para el éxito en el Grado en Edificación. A través de sesiones prácticas y teóricas, se repasan conceptos clave y se resuelven dudas, facilitando así la comprensión de los contenidos que se abordarán en las asignaturas técnicas del programa.

- Adaptación al nivel universitario:

Además de reforzar conocimientos, los seminarios ayudan a los estudiantes a familiarizarse con el nivel de exigencia y el ritmo de trabajo propio de la universidad. Se introducen metodologías de estudio y resolución de problemas que les serán de utilidad a lo largo de la carrera, sentando las bases necesarias para abordar con éxito las materias más complejas del plan de estudios.

En conjunto, los Welcome Days y los seminarios de inicio constituyen un punto de partida fundamental para el desarrollo académico y personal de los estudiantes, asegurando que cuenten con las herramientas, la motivación y el apoyo necesario para afrontar con éxito su etapa universitaria.

3. METODOLOGÍA

- ETSIE Welcome Days:

Jornadas de bienvenida que se desarrollan durante tres días, del 4 al 6 de septiembre, justo antes del inicio del curso. Incluyen presentaciones sobre el grado, actividades en un entorno amigable y la posibilidad de interacción con profesores y compañeros.

Tabla 2. Programación ETSIE Welcome Days. Curso 2024/25. Fuente: Elaboración propia.

	Miércoles 04/09/2024		Jueves 05/09/2024		Viernes 06/09/2024	
9.00 – 11.30	**Welcome!** Bienvenida Equipo de Dirección La Delegación de Estudiantes Internacionalización Red de referentes de la US Biblioteca ETSIE	PARTICIPAN: Equipo Dirección ETSIE Delegación Estudiantes Instituto de idiomas Fantina Carrasco Irene Cisneros	**TALLER DE DIBUJO Y CAD-BIM:** **"Laboratorio de tizas I"**	MATERIAS: Dibujo I y II BIM / escáner 3D Proyectos Técnicos PROFESORES: Rocío Quiñones Rodríguez Daniel Antón García José María Guerrero Vega Mª Rosario Chaza Chimeno	**FÍSICA EN EDIFICACIÓN** **"La Física SÍ importa"**	MATERIAS: Física aplicada PROFESORES: Sheila López Rosa Antonio López Tarrida
	LAS MATEMATICAS EN EDIFICACIÓN **"Matemáticas para construir el mundo"**	MATERIAS: Matemáticas Aplicadas PROFESORES: Clara Grima Ruiz			**CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA** **"SAPIENS y Construcción"**	MATERIAS: Introducción a la construcción Materiales de construcción PROFESORES: Juan Manuel Macías Bernal
	DESCANSO/COFFE BREAK		**DESCANSO**		**DESCANSO**	
11.30 – 14.00	**SALIDAS PROFESIONALES Y EXPERIENCIAS DEL GRADO EN EDIFICACIÓN** Nacional /Internacional	PARTICIPAN: Empresas constructoras y profesionales libres	**TALLER DE FOTOGRAMETRIA Y ESCANER:** **"Laboratorio de tizas II"**	MATERIAS: Geometría Descriptiva Topografía Levantamientos 3D PROFESORES: Margarita Infante Perea Concepción Cantillana Merchante Roberto Narváez Rodríguez Ramón Lozano Martínez	**VISITA A OBRA DE EDIFICACIÓN**	PARTICIPAN: Empresa Constructora Equipo Dirección ETSIE
	MY PIC - Yo futuro: LUDENS - Plan VÉ	PROFESOR: Eduardo Herrero Vázquez				
14.00 – 14.30	**Visita a las instalaciones de la ETSIE y foto conmemorativa**	PARTICIPAN: Equipo Dirección ETSIE				

- Seminarios de inicio de Matemáticas y Física en la Edificación:

El seminario de Matemáticas se imparte en el primer cuatrimestre, coordinado con la asignatura Matemáticas Aplicadas a la Edificación I. El seminario de Física se imparte en el segundo cuatrimestre, coordinado con la asignatura Física I.

Ambos seminarios son gratuitos y se imparten de forma simultánea con las asignaturas correspondientes para facilitar la integración de contenidos.

Los profesores participantes pertenecen a los departamentos de Expresión Gráfica e Ingeniería de Edificación, Construcciones Arquitectónicas II, Ingeniería Gráfica, Física Aplicada II y Matemáticas Aplicadas I.



Fig. 1. Cronograma “Laboratorio de tizas” ETSIE Welcome Days. Curso 2024/25. Fuente: R. Quiñones et al.

4. RESULTADOS

Partiendo de la base de que se esta iniciativa es muy reciente, ya que se ha implantado a principio del actual curso 2024/25, podemos reconocer la alta participación registrada de 104 estudiantes a los Welcome Days y 97 a los seminarios de Física y Matemáticas. Una vez consultado a los estudiantes y profesorado participante, detallamos los siguientes resultados obtenidos:

4.1 Visión Integral del Grado y Oportunidades Profesionales

Antes de comenzar el curso, los estudiantes participan en sesiones informativas y talleres orientados a proporcionar una comprensión global del grado que van a cursar. Estas actividades abordan no solo el plan de estudios, sino también las diversas salidas profesionales asociadas a la titulación. Se presentan testimonios de egresados, ejemplos de trayectorias laborales y se exploran las competencias más demandadas en el sector. Esto permite que los estudiantes tomen decisiones más informadas sobre su futuro académico y profesional, motivándolos desde el inicio y facilitando la alineación de sus expectativas con la realidad del mercado laboral.



Fig. 2. Acto de bienvenida a los ETSIE Welcome Days. Curso 2024/25. Fuente: Elaboración propia.

4.2 Integración y Adaptación al Entorno Universitario

La integración de los estudiantes al entorno universitario se favorece mediante actividades de bienvenida, dinámicas de grupo y sesiones de orientación. Estas iniciativas están diseñadas para crear un ambiente acogedor, fomentar la interacción entre compañeros y facilitar el acceso a los recursos y servicios de la universidad. Además, se ofrecen tutorías personalizadas y acompañamiento por parte de estudiantes de cursos superiores, lo que contribuye a resolver dudas iniciales y a reducir la ansiedad propia del inicio de una nueva etapa educativa.



Fig. 3. Desarrollo de la sesión “Laboratorio de tizas”. Curso 2024/25. Fuente: Elaboración propia.

4.3 Refuerzo de Conocimientos Clave en Matemáticas y Física Aplicadas a la Edificación

Los seminarios específicos permiten a los estudiantes repasar y afianzar conceptos fundamentales de matemáticas y física, con especial énfasis en su aplicación al ámbito de la edificación. A través de clases prácticas, resolución de problemas y ejercicios adaptados al nivel de los participantes, se asegura que todos los estudiantes alcancen una base sólida para afrontar con éxito las asignaturas técnicas del grado. Esta preparación previa resulta clave para reducir el índice de abandono y mejorar el rendimiento académico durante el primer curso.

4.4 Reconocimiento Académico

Al completar todas las actividades propuestas en el programa, los estudiantes obtienen un reconocimiento académico de 1.5 créditos optativos ECTS. Este reconocimiento no solo motiva la participación activa en el programa, sino que también contribuye al avance curricular de los estudiantes, facilitando la obtención de créditos necesarios para la titulación. Además, este tipo de iniciativas se valora positivamente en el expediente académico y puede ser un elemento diferenciador en futuras oportunidades académicas o profesionales.

5. CONCLUSIONES

Las actividades “ETSIE Welcome Days” y los “Seminarios de inicio de Matemáticas y Física en la Edificación” constituyen una herramienta eficaz para apoyar a los estudiantes de nuevo ingreso en su transición a la educación superior. La combinación de jornadas informativas y seminarios especializados facilita un mejor inicio académico y contribuye a mejorar el rendimiento y la adaptación en el primer curso del grado en Edificación.

Estas iniciativas no solo proporcionan información relevante sobre el funcionamiento de la escuela, los recursos disponibles y los servicios de apoyo al estudiante, sino que también permiten a los alumnos familiarizarse con el entorno universitario y establecer los primeros contactos con compañeros y profesores. Además, los seminarios de Matemáticas y Física refuerzan los conocimientos previos y ayudan a detectar posibles carencias formativas, lo que favorece una integración más sólida en el plan de estudios. En conjunto, estas actividades promueven un clima de acogida, motivación y confianza, elementos fundamentales para afrontar con éxito los retos académicos y personales que implica el paso a la universidad.



Fig. 4. Desarrollo de la sesión “Visita a obra”. Curso 2024/25. Fuente: Elaboración propia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gonzalo Quiroga, M. & Nieto Bona, M. P. (2009). Programas de acogida y orientación al estudiante en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior. Madrid: Dykinson. Trata la adaptación del sistema universitario al EEES y analiza sistemas para reducir el fracaso académico mediante planes de acogida y orientación. Octaedro+10Burjc Digital+10Reposito Ciencia y Tecnología+10

Conejero Casares, J. A., Fernández Prada, M. Á., Rodríguez Muñiz, L. J. & Vivancos Ramón, V. (2013). Sistemas de acogida y tutorización en estudios universitarios. Recoge contenidos del simposio SATEU (València, 2012), analizando sistemas tutoriales y de acogida en universidades españolas. Librería Educativa

Amor Almedina, M. I. (2020). La orientación universitaria. Aproximación histórica y conceptual para un modelo de acción tutorial en Educación Superior. Editorial Octaedro. Profundiza en la orientación y en la tutoría universitaria, contexto EEES y modelos de intervención y diseño tutorial. Octaedro+1ResearchGate+1

Echeverría Samanes, B., Gallardo, M. A., Rodríguez, S. (1997–2002). Varios trabajos sobre evolución, limitaciones y retos de los servicios de orientación universitaria en España y sus centros. Incluye capítulos como Hacia una nueva orientación universitaria, estudios sobre calidad y necesidades en Madrid y Barcelona

ADAPTANDO LA UNIVERSIDAD PÚBLICA AL SECTOR PRODUCTIVO: INTRODUCCIÓN DE LEAN CONSTRUCTION EN LA FORMACIÓN DE FUTUROS GRADUADOS EN EDIFICACIÓN

ADAPTING PUBLIC UNIVERSITIES TO THE PRODUCTIVE SECTOR: INTRODUCING LEAN CONSTRUCTION IN THE EDUCATION OF FUTURE BUILDING GRADUATES

Carolina Piña Ramírez[(1)], Gemma Cachero Alonso[(2)], Víctor Sardá Martín[(3)] , Juan Gascón Cachero [(4)]

[1] Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control, Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, 28040, Madrid, Spain, carolina.pina@upm.es
[2] Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control, Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, 28040, Madrid, Spain, gemma.cachero@upm.es
[3] Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control, Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, 28040, Madrid, Spain, victor.sarda@upm.es
[4] Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, 28040, Madrid, Spain, jj.gascon@alumnos.upm.es

RESUMEN

Este trabajo presenta una propuesta de innovación educativa basada en la incorporación de los principios y herramientas de la metodología Lean Construction en la asignatura Planificación y Programación 2, del Grado en Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid. La iniciativa surge ante la creciente implantación de este enfoque en el sector de la construcción y la necesidad de que los futuros profesionales adquieran, desde su formación universitaria, competencias orientadas a una gestión más eficiente, colaborativa y alineada con los retos actuales del proceso edificatorio.

La implementación está prevista para el curso 2025-2026, mediante un enfoque didáctico que combinará clases teóricas con actividades prácticas orientadas a la resolución de problemas, incluyendo el análisis de casos reales y simulaciones aplicadas a obras. La introducción de Lean Construction como contenido formativo busca acercar al alumnado a una planificación basada en la mejora continua, el control de variaciones y la alineación de objetivos entre los distintos agentes que intervienen en los proyectos.

Aunque los beneficios de este enfoque son ampliamente reconocidos —especialmente en lo que respecta a la optimización de procesos y la mejora de la coordinación— su implantación en obra aún enfrenta resistencias derivadas del arraigo de prácticas tradicionales. En este contexto, la presente propuesta no solo actualiza el programa docente, sino que también promueve una comprensión crítica de las dinámicas del sector y del papel que puede desempeñar el futuro técnico en su transformación.

El artículo expone el diseño curricular de esta innovación, así como una reflexión sobre su potencial para reforzar la conexión entre la formación académica y las demandas reales del sector. Asimismo, se plantea una evaluación futura de su impacto en el aprendizaje del alumnado y en el desarrollo de competencias técnicas y profesionales clave para el ejercicio de la dirección de obras.

Palabras clave: *Universidad Pública; Lean Construction; Grado en Edificación; Planificación de obras*

ABSTRACT

This paper presents an educational innovation proposal based on the incorporation of the principles and tools of Lean Construction methodology in the course Planning and Scheduling 2, part of the Building

Engineering degree at the Polytechnic University of Madrid. This initiative arises from the growing implementation of Lean principles in the construction industry and the need for future professionals to acquire competencies related to this methodology during their academic training.

The implementation is planned for the 2025-2026 academic year and will combine theoretical classes with practical activities aimed at problem-solving, including real case studies and simulations applied to construction projects. The introduction of Lean Construction as a core subject aims to familiarize students with planning based on continuous improvement, variation control, and the alignment of objectives among the various stakeholders involved in projects.

While the benefits of this approach are widely recognized, particularly regarding process optimization and improved coordination, its adoption in the field still faces resistance due to the persistence of traditional management practices. In this context, this proposal not only updates the curriculum but also encourages a critical understanding of the sector's dynamics and the role future professionals can play in its transformation.

The paper outlines the curriculum design of this innovation, as well as a reflection on its potential to strengthen the connection between academic training and the current demands of the sector. Furthermore, a future evaluation of its impact on students' learning and the development of key technical and professional competencies for managing construction projects will be proposed.

Keywords: *Public University; Lean Construction; Degree in Building Construction; Construction Project Planning*

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la edificación en España, al igual que en otros contextos internacionales, enfrenta desde hace décadas retos relacionados con la baja productividad, la descoordinación entre agentes, la rigidez de los procesos y el frecuente incumplimiento de plazos y presupuestos. Este panorama evidencia la necesidad de evolucionar hacia modelos de gestión más eficientes, colaborativos y centrados en la creación de valor.

En respuesta a esta situación, la filosofía Lean Construction ha ganado protagonismo como una alternativa metodológica con un impacto positivo demostrado en la planificación y gestión de proyectos. Tal como recoge el Cluster de la Edificación en su informe "Diagnóstico sobre el conocimiento de Lean Construction en España y cómo se está aplicando en el sector de la construcción", Lean implica ventajas como el aumento de la productividad, la mejora de la calidad, el incremento de valor del producto, la reducción de plazos y costes, y la promoción de una cultura organizacional flexible, orientada a la mejora continua y a la entrega de valor al cliente (Figura 1).

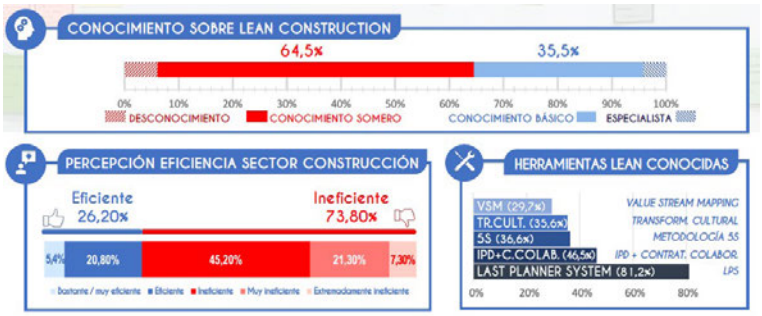


Figura 1. Diagnóstico sobre el conocimiento de Lean Cosntruction en España. Fuente: Clúster de la Edificación.

Este enfoque propone sustituir modelos jerárquicos tradicionales por sistemas colaborativos, en los que se fomente la confianza entre agentes, se reduzcan los desperdicios, y se logre una alineación efectiva de los objetivos del proyecto. A pesar de estas virtudes, el mismo estudio muestra que el conocimiento práctico de esta metodología en las empresas españolas del sector es aún limitado. No obstante, se detecta un interés creciente por su implementación, impulsado además por el avance de la transformación digital y el uso de metodologías como BIM.

En este contexto, la presente propuesta de innovación docente plantea la integración de un bloque específico sobre Lean Construction y el Sistema del Último Planificador (LPS) en la asignatura Planificación y Programación de Obras II, perteneciente al Grado en Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid. Esta

iniciativa busca dotar a los futuros profesionales de herramientas de planificación alineadas con las nuevas demandas del sector, contribuyendo así a cerrar la brecha entre la formación universitaria y las necesidades reales del mercado.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta propuesta es modernizar el contenido curricular de la asignatura para incorporar metodologías de planificación innovadoras, que fomenten una gestión más eficiente y colaborativa de las obras. De manera concreta, se plantean los siguientes fines:

- Introducir los principios y fundamentos de la filosofía Lean Construction en el ámbito académico.
- Formar al alumnado en el uso del Sistema del Último Planificador (LPS) como complemento al enfoque tradicional del Camino Crítico.
- Promover el pensamiento crítico y la toma de decisiones basadas en la mejora continua y la generación de valor.
- Preparar a los futuros técnicos para liderar procesos de transformación en sus entornos profesionales, integrando prácticas colaborativas desde fases tempranas del proyecto.

3. METODOLOGÍA

3.1 Descripción de la asignatura

La asignatura Planificación y Programación de Obras II es de carácter obligatorio, se imparte en el séptimo semestre del Grado y tiene una carga de 3 ECTS. Su objetivo es capacitar a los estudiantes en la planificación, programación y supervisión técnica de proyectos de edificación. Para ello, combina herramientas de software con fundamentos teóricos de gestión, incorporando desde 2025 un nuevo bloque sobre Lean Construction.

Se estructura en 15 semanas, con sesiones de dos horas semanales. El contenido se divide en dos bloques principales:

- Bloque 1: MS Project y técnicas tradicionales de planificación.
- Bloque 2: Lean Construction y LPS (5 sesiones).

3.2 Contenido del bloque Lean Construction

Las cinco sesiones dedicadas a Lean Construction están organizadas según se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Sesiones de Lean Construction en la asignatura de Planificación y Programación de Obras II.

Sesión	Tema
1	Introducción a Lean Construction e IPD. Fundamentos de la filosofía Lean.
2	Planificación basada en LPS. Estructura y fases del sistema.
3	Identificación y eliminación de ineficiencias. Gestión del despilfarro.
4	Toma de decisiones colaborativas. Roles y compromiso en obra.
5	Estudio de caso real. Aplicación práctica de LPS en un proyecto.

3.3 Evaluación

El sistema de evaluación contempla tres escenarios:

- Evaluación continua:
    - Dos pruebas escritas presenciales: 1ª prueba (25%), 2ª prueba (75%).
    - Requisito mínimo: 20% en cada prueba.
- Evaluación global ordinaria:
    - Examen final presencial escrito (100%) (Figura 2).

- Evaluación extraordinaria (julio):
    - Prueba objetiva sobre todos los contenidos (100%) (Figura 2).

Esta estructura permite evaluar tanto la asimilación conceptual como la aplicación práctica de los contenidos.



Figura 2. Aula de exámenes de la Escuela técnica Superior de Edificación.

4. RESULTADOS

4.1 Competencias adquiridas

La implementación de esta innovación docente permite a los estudiantes:

- Comprender los principios Lean y su impacto en la planificación de obras.
- Identificar puntos críticos de desperdicio y proponer estrategias de mejora continua.
- Desarrollar competencias en trabajo en equipo, coordinación y planificación participativa.
- Aplicar el LPS en contextos reales simulados, ganando experiencia práctica en su implementación.



Figura 3. Alumnos en clase de la asignatura de Planificación y programación de Obras II.

4.2 Impacto potencial según el sector

Según el informe del Cluster de la Edificación, la aplicación de Lean Construction conlleva una transformación integral del modelo de gestión. La incorporación temprana de estas herramientas en la formación universitaria:

- Refuerza la preparación de los egresados para liderar procesos de cambio.
- Alinea la educación con una cultura empresarial más ágil, centrada en el cliente y en la innovación.

- Contribuye a formar perfiles técnicos capaces de adaptarse a modelos contractuales colaborativos, orientados al cumplimiento del valor prometido al cliente y no solo a la ejecución de tareas.

4.3 Formación y adquisición de competencias para la implantación de Lean Construction

Uno de los factores clave para la consolidación de Lean Construction en el sector edificatorio es la capacitación adecuada de los profesionales implicados. La experiencia demuestra que la mera introducción de herramientas o metodologías no garantiza por sí sola una transformación efectiva si no va acompañada de un cambio en las competencias y la cultura organizativa. Sin embargo, la formación en edificación ha estado tradicionalmente centrada en aspectos técnicos, normativos y constructivos, dejando en segundo plano la enseñanza de modelos de gestión orientados a la eficiencia, la colaboración y la mejora continua.

Este desfase ha dificultado el desarrollo de conocimientos prácticos sobre metodologías Lean, lo que a menudo deriva en implementaciones parciales y desestructuradas dentro de las organizaciones. A pesar del interés creciente por este enfoque, la oferta de formación específica sigue siendo limitada, especialmente en entornos académicos no especializados. En muchos casos, los profesionales del sector no cuentan con la preparación necesaria para aplicar eficazmente los principios Lean en sus contextos laborales (Tabla 2).

Otro factor limitante es la escasa inversión en formación por parte de pequeñas y medianas empresas, que suelen priorizar metodologías tradicionales por considerarlas más seguras o por percibir un retorno inmediato más evidente. Esta visión a corto plazo obstaculiza la evolución del sector hacia modelos más modernos y eficientes. No obstante, algunas organizaciones más estructuradas han comenzado a generar sinergias con universidades y entidades sectoriales, promoviendo programas de formación conjunta que buscan paliar esta carencia.

En este escenario, la digitalización ha comenzado a desempeñar un papel facilitador, permitiendo un mayor acceso a contenidos formativos mediante cursos en línea, seminarios web y plataformas educativas interactivas. Estos recursos no solo reducen barreras de coste, sino que también flexibilizan los tiempos y modalidades de aprendizaje.

Tabla 2. Obstáculos, oportunidades y estrategias en la formación Lean Construction en edificación

Categoría	Elemento clave	Descripción
Obstáculos	Formación tradicional desactualizada	Enfoque centrado en contenidos técnicos y normativos, con escasa atención a la gestión Lean.
	Falta de oferta académica específica	Poca presencia de metodologías Lean en programas universitarios o de formación continua.
	Baja inversión en capacitación por parte de PYMEs	Reticencia a asumir costes formativos sin beneficios inmediatos.
Oportunidades	Creciente interés del sector	Mayor reconocimiento del potencial transformador de Lean Construction en obra.
	Digitalización del aprendizaje	Acceso a formación online, seminarios y recursos interactivos de bajo coste.
	Alianzas academia-empresa	Desarrollo de programas conjuntos y transferencia de conocimiento.
Estrategias	Integración en titulaciones universitarias	Introducción estructurada de Lean en asignaturas clave, como la planificación de obras.
	Formación práctica y basada en casos reales	Aplicación de LPS y herramientas Lean en contextos simulados o reales.
	Cultura de mejora continua y liderazgo colaborativo	Formación enfocada no solo en técnicas, sino también en habilidades blandas y liderazgo.

Así, iniciativas como la que se presenta en este artículo, que integran la enseñanza de Lean Construction en titulaciones oficiales universitarias, no solo responden a una necesidad del mercado laboral, sino que también promueven una actualización del perfil competencial del técnico de edificación. El reto de los próximos años será incorporar estos contenidos de forma estructural en la formación reglada, garantizando que los egresados cuenten con herramientas no solo técnicas, sino también estratégicas y colaborativas para liderar procesos de transformación en la construcción.

5. CONCLUSIONES

La propuesta de integración de Lean Construction en la asignatura Planificación y Programación de Obras II responde a una necesidad real del sector constructivo, tradicionalmente marcado por procesos ineficientes y cierta resistencia al cambio. A través de esta actualización curricular, se apuesta por una formación técnica que promueve una nueva mentalidad profesional, más colaborativa, eficiente, crítica y orientada a la creación de valor.

Lean Construction representa una transformación cultural y metodológica que aporta beneficios tangibles a la gestión de proyectos: mayor productividad, mejor calidad, reducción de costes y plazos, y una mejor alineación de los intereses entre los diferentes agentes implicados en la obra.

La universidad, como motor de conocimiento y formación, debe desempeñar un papel activo en esta transformación. La incorporación de estos contenidos en el Grado en Edificación de la UPM no solo mejora las competencias y la empleabilidad de los egresados, sino que posiciona al programa académico a la vanguardia de la innovación educativa en la gestión de proyectos constructivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ballard, G., & Howell, G. (2003). Lean project management. *Building Research & Information*, 31(2), 119-133. https://doi.org/10.1080/09613210301997

Cluster de la Edificación. (2023). Diagnóstico sobre el conocimiento de Lean Construction en España y cómo se está aplicando en el sector de la construcción. Grupo de Trabajo de Lean Construction. https://clusteredificacion.com/lean-construction-fase-i/

Hamzeh, F. R., Ballard, G., & Tommelein, I. D. (2012). Rethinking project management: Toward a holistic understanding of collaboration and planning. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(3), 231–250. https://doi.org/10.1108/09699981211219610

Howell, G. A., & Ballard, G. (1998). Implementing lean construction: Understanding and action. 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. https://www.researchgate.net/publication/228960283_Implementing_Lean_Construction_Understanding_and_Action#fullTextFileContent

Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction (Doctoral dissertation). VTT Technical Research Centre of Finland. https://www.researchgate.net/publication/35018344_An_Exploration_Towards_a_Production_Theory_and_its_Application_to_Construction#fullTextFileContent

Universidad Politécnica de Madrid. (2024). Guía docente: Planificación y Programación de Obras II. Escuela Técnica Superior de Edificación. UPM. https://www.edificacion.upm.es/guias-docentes-2023-2024

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, PROGRAMACIÓN Y METODOLOGÍA BIM: HACIA UN NUEVO PARADIGMA DE APRENDIZAJE E INVESTIGACIÓN EN ARQUITECTURA TÉCNICA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE, PROGRAMMING, AND BIM METHODOLOGY: TOWARDS A NEW PARADIGM OF LEARNING AND RESEARCH IN BUILDING ENGINEERING

Fernando Cos-Gayón López[(1)], José Ramón Albiol Ibáñez[(2)], Begoña Fuentes Giner[(3)]

[1] Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universitat Politècnica de València, España, fcosgay@csa.upv.es
[2] Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universitat Politècnica de València, España, joalib1@csa.upv.es
[3] Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universitat Politècnica de València, España, bfuentes@csa.upv.es

RESUMEN

La transformación digital del sector de la edificación exige una reconfiguración estructural de la formación universitaria en Arquitectura Técnica. Este artículo plantea una estrategia curricular para integrar de forma progresiva y transversal tres competencias digitales clave —la Inteligencia Artificial (IA), la metodología Building Information Modeling (BIM) y la programación en Python—, al servicio directo de los conocimientos técnicos específicos que requiere el ejercicio profesional en el ámbito de la edificación. Esta hoja de ruta podrá ser implementada en un nuevo plan de estudios del Grado en Arquitectura Técnica y busca fortalecer la capacidad del estudiante para aplicar herramientas digitales de forma crítica, ética y contextualizada en el análisis, diseño, ejecución y gestión técnica de obras.

La IA ocupa un papel central como infraestructura educativa transversal, modificando la forma en que se accede al conocimiento, así como los criterios y procesos de evaluación académica. Se promueve así una concepción formativa donde el uso transparente y justificado de tecnologías inteligentes, tanto en trabajos como en prácticas de aula, se convierte en motor de aprendizaje significativo. El enfoque metodológico incluye desde fundamentos computacionales en primer curso hasta TFG con dimensión investigadora.

En este contexto, la metodología BIM se plantea como una infraestructura colaborativa que articule las distintas asignaturas mediante el uso compartido de un gemelo digital, que pueda ser modelado, gestionado y completado de manera progresiva por el alumnado a lo largo del grado. Por su parte, la programación se introduce con una base de fundamentos mínimos que permita a los estudiantes comprender la lógica computacional y, sobre todo, utilizar y adaptar herramientas de IA con un alto nivel de autonomía técnica. El objetivo es vertebrar el encargo que la Sociedad hace a la Universidad y preparar egresados capaces de liderar procesos de transformación digital en el sector de la edificación.

Palabras clave: *Arquitectura Técnica, Inteligencia Artificial, BIM, Programación, Python,*

ABSTRACT

The digital transformation of the construction sector requires a structural reconfiguration of university education in Building Engineering. This article proposes a curricular strategy to progressively and transversally integrate three key digital competences —Artificial Intelligence (AI), Building Information Modeling (BIM) methodology, and Python programming—, directly serving the specific technical knowledge demanded by professional practice in the field of construction. This roadmap may be implemented in a new curriculum for the Bachelor's Degree in Building Engineering and seeks to enhance students' ability to apply digital tools

critically, ethically, and contextually in the analysis, design, execution, and technical management of building works.

AI plays a central role as a transversal educational infrastructure, transforming not only the way knowledge is accessed but also the criteria and processes of academic assessment. This fosters an educational model where the transparent and justified use of intelligent technologies, both in assignments and classroom practices, becomes a driver of meaningful learning. The methodological approach ranges from computational fundamentals in the first year to final degree projects with a research dimension.

In this context, BIM methodology is conceived as a collaborative infrastructure that interlinks different courses through the shared use of a digital twin, progressively modeled, managed, and completed by students throughout the degree program. Meanwhile, programming is introduced with a foundation of essential concepts enabling students to understand computational logic and, above all, to use and adapt AI tools with a high degree of technical autonomy. The ultimate goal is to articulate the mandate that society places upon the University and to prepare graduates capable of leading digital transformation processes in the construction sector.

Keywords: *Building Engineering, Artificial Intelligence, BIM, Programming, Python, Digital Transformation*

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Una formación en tránsito

La transformación digital del sector de la edificación ha dejado de ser una modernización periférica para convertirse en una mutación estructural de los procesos técnicos y organizativos. La generalización de metodologías como Building Information Modeling (BIM), el uso de gemelos digitales, la programación aplicada y, más recientemente, la irrupción de la inteligencia artificial (IA), obligan a repensar en profundidad la formación universitaria en Arquitectura Técnica (EU BIM Task Group, 2017).

Este nuevo ecosistema profesional demanda egresados capaces de trabajar en entornos colaborativos digitales, comprender el funcionamiento de sistemas inteligentes y tomar decisiones informadas en escenarios complejos. Frente a ello, la universidad no puede limitarse a enseñar herramientas: debe proporcionar entornos formativos que repliquen, anticipen y simulen la realidad profesional, favoreciendo una comprensión contextualizada, crítica y técnicamente sólida (Flores & Parra, 2021).

La presente comunicación propone una hoja de ruta pedagógica centrada en tres pilares interrelacionados: el BIM como infraestructura vertebradora del aprendizaje y la colaboración, la IA como entorno cognitivo emergente con aplicaciones relevantes tanto para el alumno como para el profesorado, y la programación como lenguaje instrumental mínimo para la autonomía digital.

Este modelo ha comenzado a aplicarse de forma progresiva en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València, mediante la implantación de talleres transversales por curso, que permiten al estudiantado desarrollar un gemelo digital evolutivo donde ensamblar, contextualizar y aplicar los conocimientos adquiridos en distintas asignaturas. Se trata de una transformación metodológica no intrusiva: los docentes de cada materia no necesitan saber BIM, ya que es el propio taller el que actúa como espacio integrador.

El objetivo de esta comunicación es doble: por un lado, presentar los fundamentos conceptuales y pedagógicos de este modelo; por otro, demostrar su viabilidad institucional, su potencial formativo y su alineación con las competencias profesionales emergentes en el ámbito de la edificación.

1.2 Marco conceptual: del entorno CAD al ecosistema BIM, IA y gemelo digital

La evolución digital en el sector de la edificación puede dividirse en tres etapas clave: la era del CAD, la consolidación del BIM y la actual transición hacia ecosistemas que combinan BIM, inteligencia artificial y gemelos digitales. Cada una de estas fases no solo representa una innovación tecnológica, sino también un cambio en el modelo de aprendizaje (Eastman et al., 2018).

Durante la etapa CAD (1982–2000), el aprendizaje se centró en la representación gráfica bidimensional. Las herramientas como AutoCAD permitían replicar planos tradicionales, pero sin lógica constructiva ni

relaciones paramétricas. El impacto formativo era limitado: los estudiantes reproducían formas, pero no comprendían procesos. Se trataba de un aprendizaje instrumental, no contextualizado (Sacks et al., 2018).

La etapa BIM (2001–2020) marcó una transición metodológica radical. El modelado tridimensional con objetos inteligentes permite al estudiante relacionar decisiones proyectuales con consecuencias estructurales, funcionales, económicas y ambientales. Esto favorece el aprendizaje transversal, el trabajo colaborativo y la simulación realista del proceso edificatorio. Según Barison y Santos (2010), la incorporación de BIM en educación mejora significativamente la integración entre asignaturas y el enfoque por competencias.

Desde 2021 se abre una nueva etapa, donde el ecosistema BIM se ve enriquecido por tecnologías de IA y por el uso progresivo de gemelos digitales como entornos de aprendizaje activos (Li & Zhang, 2025). A diferencia de un modelo BIM estático, el gemelo digital permite modelar no solo la forma y función, sino también el comportamiento temporal del edificio, la gestión de datos en tiempo real, los escenarios de uso, mantenimiento, eficiencia energética o seguridad (Volk et al., 2014). En el contexto universitario, se convierte en una infraestructura para el aprendizaje evolutivo, ya que el modelo crece con el grado del alumno y permite aplicar de forma acumulativa los conocimientos adquiridos (Figura 1).

Figura 1. Evolución del ecosistema digital en edificación y su impacto en el aprendizaje universitario



Figura 1.- Evolución del Ecosistema Digital y su impacto en el aprendizaje universitario (Elaborado con SoraTM OpenAI© por los autores, 2025)

La inteligencia artificial, integrada en este entorno, aporta nuevas herramientas para la generación automática de soluciones, la corrección inteligente de entregas, la visualización de alternativas proyectuales o la asistencia en la evaluación (Holmes et al., 2019). En combinación con estas tecnologías, el conocimiento básico de programación se vuelve esencial para operar con autonomía: lenguajes como Python permiten automatizar procesos, personalizar flujos de trabajo y crear extensiones funcionales sobre plataformas como Dynamo, pyRevit o Rhino.Inside (Poinet et al., 2020).

2. OBJETIVOS

2.1 El BIM como eje vertebrador curricular: el caso ETSIE-UPV

Una de las principales dificultades para integrar metodologías digitales en los grados universitarios reside en el equilibrio entre la innovación estructural y la continuidad pedagógica. En este sentido, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València (ETSIE-UPV) ha iniciado una experiencia singular, consistente en la implantación progresiva de talleres transversales en segundo, tercer y cuarto curso del grado en Arquitectura Técnica. Estos talleres permiten ensamblar contenidos adquiridos en distintas asignaturas mediante un modelo BIM común, configurado como un gemelo digital compartido.

El gemelo digital actúa como una plataforma metodológica donde convergen los aprendizajes técnicos, organizativos, económicos y proyectuales. A diferencia de una simple maqueta virtual, este modelo digital se va enriqueciendo a lo largo del grado, al incorporar información progresiva vinculada a nuevas competencias. El alumno no construye un único modelo por asignatura, sino que participa en el desarrollo colectivo y secuenciado de un entorno digital que reproduce, de forma acumulativa, los retos reales de una obra.

Una de las claves estructurales del modelo reside en que los docentes de las asignaturas participantes no necesitan saber BIM. Esta condición se ha adoptado deliberadamente para evitar resistencias, y permite que

cada asignatura mantenga su propio enfoque metodológico sin sentirse subordinada a la lógica digital. Son los talleres transversales los que actúan como interfaz integradora, conectando resultados académicos diversos en un escenario común de aplicación. El modelo respeta así la autonomía docente, al tiempo que ofrece al alumnado una experiencia transversal y cohesionada.

Un ejemplo concreto de esta implementación es la transformación de la asignatura "Ejecución de Obras" en tercer curso. En ella, los estudiantes trabajan sobre el gemelo digital para analizar procesos constructivos, definir secuencias de obra, generar planos de montaje y vincular tareas con recursos y cronogramas. Esta interacción les permite no solo aplicar conocimientos adquiridos, sino también detectar inconsistencias entre decisiones proyectuales, estructurales y organizativas. El aprendizaje se produce mediante la confrontación entre teoría y simulación (Figura 2).

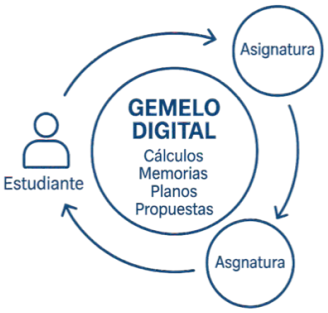


Figura 2.- Flujo de interacción estudiante–taller–asignaturas–gemelo digital. Los conocimientos adquiridos se integran en el gemelo digital desde distintas asignaturas, con retroalimenta del estudiante (Elaborado con SoraTM OpenAI© por los autores, 2025)

En paralelo, los talleres permiten implementar competencias de liderazgo, trabajo en equipo y gestión de la incertidumbre, que no suelen tener un espacio formal en la docencia convencional. El hecho de que los alumnos tengan que coordinar entregas interdependientes y resolver conflictos digitales les aproxima a los procesos colaborativos reales en entornos BIM. Como señalan Kiviniemi (2011) y Piroozfar et al. (2019), la construcción progresiva de un modelo compartido refuerza la madurez técnica y metodológica del estudiante.

La progresiva implantación de este sistema plantea un doble beneficio. Por un lado, mejora la comprensión profunda de las relaciones entre disciplinas, al simular las dependencias lógicas del ciclo edificatorio. Por otro, permite desarrollar un sistema de evaluación más justo, ya que los avances en el gemelo digital se pueden auditar, validar y comparar entre equipos de forma transparente. La trazabilidad de las decisiones queda registrada en el propio modelo.

3. METODOLOGÍA

3.1 Inteligencia artificial en la formación técnica: impacto desde el punto de vista del alumno

La inteligencia artificial (IA) está irrumpiendo en la educación superior como una infraestructura cognitiva que permite al estudiante interactuar con la información y el conocimiento de formas inéditas. En titulaciones técnicas vinculadas a la edificación, su potencial va más allá del mero acceso rápido a datos: posibilita la simulación, el análisis predictivo, la automatización de cálculos complejos y la retroalimentación inmediata sobre trabajos académicos (Holmes et al., 2019; Luckin, 2018).

Desde la perspectiva del alumno, la IA funciona como un tutor personalizado capaz de ajustar el ritmo y la profundidad de la explicación según sus necesidades, reduciendo la dependencia del tiempo de contacto presencial con el profesorado. Plataformas de aprendizaje adaptativo y modelos de lenguaje permiten recibir aclaraciones, proponer mejoras en proyectos y obtener ejemplos o soluciones alternativas en tiempo real. Este soporte inmediato fomenta la autonomía y la autorregulación, competencias esenciales para el ejercicio profesional.

En el ámbito específico de la Arquitectura Técnica, las herramientas de IA ya pueden integrarse con entornos BIM para verificar automáticamente la coherencia entre elementos del modelo, detectar conflictos espaciales (*clash detection*) y sugerir alternativas constructivas optimizadas. El alumno, trabajando en el

gemelo digital del taller transversal, puede beneficiarse de estas funciones para evaluar sus decisiones de diseño o ejecución antes de su validación docente.

Además, la IA potencia el aprendizaje basado en problemas y en proyectos colaborativos, al ofrecer análisis de viabilidad, cálculos de coste y tiempo, e incluso simulaciones energéticas o de flujo de obra, reduciendo las tareas mecánicas y permitiendo que el estudiante se concentre en la toma de decisiones y el desarrollo conceptual.

No obstante, el uso de IA plantea desafíos: la necesidad de saber formular preguntas precisas, evaluar críticamente las respuestas generadas y reconocer los límites de estas herramientas para no sustituir el razonamiento propio. Integrar estas competencias digitales críticas en el currículo es indispensable para que el estudiante pueda aprovechar la IA como aliada y no como sustituto de su criterio técnico (Figura 3).

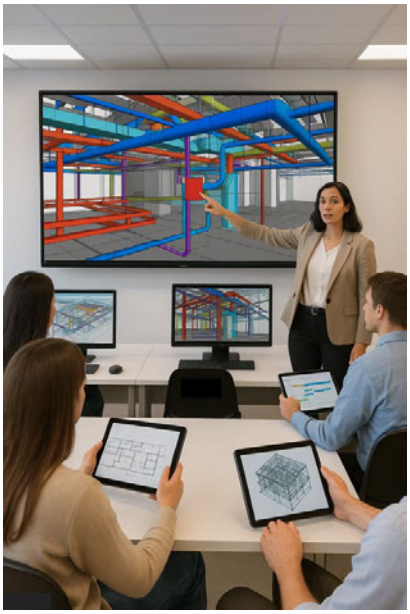


Figura 3.- Interacción entre el alumno, la IA, el gemelo digital, análisis de interferencia y las entregas de información: informes, planos, simulaciones (Elaborado con SoraTM OpenAI© por los autores, 2025)

En este contexto, el taller transversal con gemelo digital ofrece un escenario idóneo para que el estudiantado experimente la integración real de la IA en sus proyectos académicos, no como un añadido opcional, sino como un recurso habitual para la comprobación, optimización y documentación de sus entregas.

3.2 Inteligencia artificial en el profesorado: nuevas formas de tutoría, evaluación y diseño docente

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la docencia universitaria no solo afecta a la experiencia de aprendizaje del alumnado, sino que redefine el papel del profesorado y sus métodos de trabajo. En titulaciones técnicas como Arquitectura Técnica, donde la coordinación de múltiples disciplinas es clave, la IA puede actuar como un asistente que amplía la capacidad del docente para guiar, evaluar y diseñar experiencias educativas de mayor calidad.

En primer lugar, la IA permite automatizar tareas repetitivas de evaluación, como la verificación de mediciones, el cumplimiento normativo o la coherencia dimensional en un modelo BIM. Esto libera tiempo para que el profesorado se centre en aspectos cualitativos: la justificación técnica de decisiones, el desarrollo creativo de soluciones y la discusión crítica con el alumnado (Zawacki-Richter et al., 2019).

En segundo lugar, la IA puede facilitar la personalización de la tutoría. Al analizar el progreso individual y colectivo de los estudiantes, el docente puede recibir alertas sobre áreas de dificultad comunes o particulares, y adaptar las actividades en consecuencia (Holmes et al., 2019). Esto es especialmente relevante en entornos como el taller transversal con gemelo digital, donde la carga de información es elevada y la heterogeneidad de niveles de competencia entre estudiantes es significativa.

Además, el profesorado puede emplear IA generativa para diseñar actividades y escenarios de aprendizaje contextualizados en el modelo BIM. Por ejemplo, crear variaciones de un mismo problema constructivo para grupos diferentes, simulando incidencias en obra o restricciones de presupuesto que obliguen al alumnado a replantear sus soluciones.

No obstante, la adopción de estas tecnologías exige una preparación previa. El profesorado debe ser capaz de interpretar los resultados producidos por la IA, validar su fiabilidad y evitar una delegación excesiva en procesos automáticos.

El cambio de rol que implica esta integración es significativo: el docente pasa de ser un transmisor de contenidos a convertirse en un diseñador de experiencias y un mediador entre el estudiante, la tecnología y la realidad profesional. En el contexto de la ETSIE-UPV, este papel se refuerza en los talleres transversales, donde la coordinación de entregas interdisciplinares y la validación del gemelo digital exigen un acompañamiento activo y estratégico.

3.3 Programación como base de autonomía técnica

En el nuevo contexto digital de la edificación, saber programar no es una competencia exclusiva de ingenieros informáticos. En el ámbito del BIM y la IA, la capacidad de escribir y adaptar scripts se convierte en una herramienta clave para la personalización de flujos de trabajo, la automatización de tareas repetitivas y la integración de datos entre plataformas.

En la ETSIE-UPV, la estrategia formativa contempla la introducción progresiva de la programación desde primer curso, comenzando por lenguajes visuales como Dynamo, que permiten comprender la lógica algorítmica sin necesidad de sintaxis textual compleja (Poinet et al., 2020). Esta aproximación inicial facilita que el alumnado pierda el miedo a la programación y adquiera una base de pensamiento computacional aplicable a procesos constructivos.

A partir de segundo curso, se introduce Python como lenguaje de referencia para tareas más avanzadas: automatización de informes, extracción y tratamiento de datos de modelos IFC, creación de herramientas personalizadas para Revit mediante pyRevit, y conexión con APIs de software de análisis energético o de costes (Lutz, 2021). En tercer y cuarto curso, el dominio de estas competencias permite al alumnado interactuar con modelos BIM y sistemas de IA de forma autónoma, sin depender exclusivamente de las funciones nativas de cada plataforma.

Esta progresión no busca convertir al estudiante en programador profesional, sino en un técnico con capacidad de comprender, modificar y crear herramientas que optimicen su trabajo. En el contexto del taller transversal, la programación se convierte en un puente entre la teoría y la práctica: permite que los cálculos y verificaciones desarrollados en una asignatura se incorporen automáticamente al gemelo digital, ahorrando tiempo y reduciendo errores humanos. La programación fomenta la mentalidad de resolución de problemas y la capacidad de abstraer procesos constructivos en términos de entradas, salidas y operaciones lógicas. Estas habilidades son transferibles a cualquier tecnología que el egresado encuentre en su vida profesional, aumentando su adaptabilidad en un sector en constante evolución.

4. RESULTADOS

4.1 Diseño curricular integrado: cronograma de implantación competencial

La integración de BIM, inteligencia artificial y programación en la formación universitaria requiere una planificación progresiva que garantice la asimilación gradual de competencias y su aplicación en contextos cada vez más complejos. En el modelo implementado en la ETSIE-UPV, esta progresión se articula en cuatro fases distribuidas a lo largo de los cursos del grado en Arquitectura Técnica, todas ellas apoyadas en el taller transversal con gemelo digital.

En primer curso, el énfasis se sitúa en la alfabetización digital y la introducción a conceptos básicos de modelado BIM. Se utilizan herramientas como Autodesk Revit en entornos controlados, centrando la atención en la comprensión de objetos paramétricos, relaciones entre elementos constructivos y principios de modelado ordenado. Paralelamente, se introducen nociones de programación visual con Dynamo, con

ejercicios muy simples que permitan al estudiante relacionar la lógica algorítmica con procesos constructivos básicos.

En segundo curso, el alumnado consolida sus competencias en modelado, incorporando disciplinas complementarias como instalaciones y estructuras al gemelo digital. La programación visual se enriquece con rutinas más complejas, y se introduce Python para tareas de extracción de datos y generación de reportes automáticos desde el modelo. También se inician las primeras interacciones con herramientas de análisis y simulación, integrando datos energéticos, económicos y de planificación preliminar.

En tercer curso, el foco se desplaza hacia la coordinación multidisciplinar. El gemelo digital pasa a incorporar todas las especialidades y se introduce el uso de plataformas de coordinación como Navisworks y Solibri. Los estudiantes aprenden a realizar revisiones de modelos, detección de interferencias (clash detection) y a generar informes de coordinación. La programación se orienta a automatizar parte de estos procesos y a personalizar filtros y reglas de detección.

En cuarto curso, el alumnado alcanza el nivel de integración avanzada. El taller transversal se convierte en un espacio de simulación profesional, donde se aplican técnicas de planificación 4D mediante la función Timeliner en Navisworks, vinculando el modelo BIM con cronogramas de obra. Las actividades culminan en debates técnicos entre equipos, en los que se evalúan distintas estrategias de planificación, se priorizan tareas críticas y se optimiza la coordinación de recursos. Este cierre del ciclo formativo simula con alta fidelidad los retos de la coordinación real en obra.

4.2 Impacto formativo: competencias, empleabilidad y ética digital

La integración coordinada de BIM, inteligencia artificial y programación en el grado en Arquitectura Técnica tiene un impacto directo en la calidad formativa, en la empleabilidad de los egresados y en la cultura profesional que estos desarrollan. Este impacto se manifiesta tanto en el plano técnico como en el ético.

En términos formativos, la combinación de modelado avanzado, gestión de datos, automatización y coordinación multidisciplinar permite que el alumnado adquiera competencias alineadas con los estándares internacionales de perfiles como BIM Author/Specialist, BIM Coordinator y BIM Manager, definidos en guías nacionales y en marcos normativos como la serie ISO 19650, el UK BIM Framework y la Guía BIM para la Administración General del Estado (buildingSMART International, 2020; Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2020). El uso de herramientas como Navisworks y Solibri en la fase final del taller transversal expone al estudiante a los mismos entornos de trabajo que encontrará en la práctica profesional, reduciendo la curva de aprendizaje en su primer empleo (Korman & Simonian, 2010).

Desde la perspectiva de empleabilidad, las habilidades adquiridas responden a una demanda creciente en el sector de la edificación, donde las licitaciones públicas y privadas exigen competencias específicas en modelado, coordinación y planificación 4D (European Commission, 2019). Al egresar, los estudiantes no solo manejan herramientas, sino que comprenden cómo integrarlas en flujos de trabajo reales, coordinando equipos y gestionando la información del proyecto (Figura 4).



Figura 4.- Las prácticas de los talleres transversales BIM en obras reales, refuerzan las competencias de los futuros egresados en roles profesionales de vanguardia (Elaborado con Sora™ OpenAI© por los autores, 2025)

El impacto ético es igualmente relevante. El uso de IA y sistemas de automatización plantea cuestiones sobre la transparencia, la autoría de la información y la responsabilidad en la toma de decisiones. Formar al alumnado en el uso crítico de estas tecnologías es fundamental para evitar la dependencia acrítica de resultados automatizados y para fomentar una cultura profesional basada en la verificación y el contraste. Este enfoque también incluye la gestión responsable de datos, especialmente cuando el gemelo digital contiene información sensible de proyectos reales. Estas capacidades son altamente valoradas por los empleadores y representan un elemento diferenciador en el perfil de egreso.

5. CONCLUSIONES

La propuesta presentada articula un modelo curricular en el que la metodología BIM, la inteligencia artificial y la programación se integran como ejes complementarios para la formación de arquitectos técnicos con altas competencias digitales y de coordinación. Este modelo, ya en desarrollo en la ETSIE de la Universitat Politècnica de València, se sustenta en el taller transversal con gemelo digital, que actúa como infraestructura metodológica donde convergen y se aplican de forma práctica los conocimientos de distintas asignaturas.

A lo largo de los cuatro cursos, el alumnado transita desde una alfabetización digital básica hasta la asunción de funciones propias de un perfil BIM Manager, con dominio de herramientas avanzadas como Navisworks y Solibri, aplicadas al clash detection y la planificación 4D con Timeliner. Esta progresión no solo refuerza la competencia técnica, sino que también potencia habilidades transversales como la coordinación, el liderazgo y la negociación técnica.

La incorporación de la inteligencia artificial en el flujo formativo, tanto desde la perspectiva del alumnado como del profesorado, permite enriquecer los procesos de aprendizaje y evaluación, aportar retroalimentación inmediata y fomentar la autonomía técnica. El uso crítico y ético de la IA se plantea como un elemento irrenunciable, asegurando que la tecnología sea un medio para el desarrollo del criterio profesional y no un sustituto de este.

En el plano profesional, el egresado formado bajo este modelo se alinea con los estándares internacionales definidos en marcos como la serie ISO 19650, el UK BIM Framework y la Guía BIM para la Administración General del Estado, lo que incrementa su empleabilidad en un mercado que demanda perfiles capaces de coordinar información, gestionar modelos y liderar procesos de construcción digital.

El éxito de esta experiencia sugiere que su transferencia a otros contextos universitarios es viable siempre que se respeten ciertos principios: implantación progresiva, respeto por la autonomía docente, integración de competencias en un entorno práctico común y alineación con los requerimientos profesionales y normativos del sector. Este enfoque asegura que la formación universitaria no solo reaccione a la transformación digital, sino que participe activamente en liderarla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barison, M. B., & Santos, E. T. (2010). BIM teaching strategies: An overview of the current approaches. In *Computing in Civil and Building Engineering* (pp. 248–255). Nottingham University Press. http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/proceedings/pdf/pf289.pdf

buildingSMART International. (2020). *BIM Roles and Responsibilities*. https://www.buildingsmart.org

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3rd ed.). Wiley.

European Commission. (2019). *EU Public Procurement Directive 2014/24/EU*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0024

Flores, O., & Parra, C. (2021). La digitalización como motor de cambio curricular en arquitectura. *Informes de la Construcción, 73*(563), e385.

Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and construction management: Proven tools, methods, and workflows*. Wiley.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign. https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10139722/

ISO. (2018). *ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*. International Organization for Standardization.

Kearns, L. (2024). Generative AI in Architecture: A New Frontier in Design Automation. Journal of Building and Architectural Design, 23(1), 45-62.

Kiviniemi, A. (2011). Integration of BIM into curriculum. *CIB W78 Proceedings: Computer Integrated Construction*, 24–26.

Korman, T. & Simonian, L. (2010). Enhancing building information modeling with construction process simulation. *Journal of Construction Engineering and Management, 136*(8), 968–976.

Li, X., Wu, P., Shen, G. Q., Wang, X., & Teng, Y. (2020). Mapping the knowledge domains of Building Information Modeling (BIM) and Artificial Intelligence (AI) integration: A bibliometric approach. *Automation in Construction, 121*, 103451. https://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.011

Lutz, M. (2021). *Learning Python* (5th ed.). O'Reilly Media.

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020). *Guía BIM para la Administración General del Estado*. https://www.mitma.gob.es

Piroozfar, P., Farr, E. R. P., Aboagye-Nimo, E., & Elsharkawy, H. (2019). Facilitating building information modelling (BIM) implementation in architecture, engineering and construction (AEC) education. *Journal of Building Engineering, 25*, 100798. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100907

Poinet, P., Ma, L., Bock, T., & Linner, T. (2020). Enhancing BIM workflows using visual programming: The role of Dynamo in design automation. *Journal of Building Engineering, 32*, 101695.

Sacks, R., Brilakis, I., Pikas, E., Xie, H., & Girolami, M. (2018). Construction with digital twin information systems: Learning from advanced manufacturing. *Automation in Construction, 98*, 120–133. https://doi.org/10.1017/dce.2020.16

APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM EN LA RESOLUCIÓN DE TRABAJOS FINALES DE GRADO RELACIONADOS CON LA MEJORA EN CENTROS DOCENTES DE MALLORCA

APPLICATION OF BIM TECHNOLOGY IN FINAL DEGREE PROJECTS RELATED TO THE IMPROVEMENT OF EDUCATIONAL CENTERS IN MALLORCA

Susana Hormigos-Jiménez[(1)], María Angels Llabrés Morey[(2)], Juan Muñoz Gomila[(3)] , Cristian Carmona Gómez[(4)], Francesc Masdeu Mayans[(5)]

[1] Área de Construcciones Arquitectónicas, Departamento Ingeniería Industrial y Construcción, Escuela Politécnica Superior, Universitat de les Illes Balears, Ctra. de Valldemossa, km 7.5. 07122, Palma, España, susana.hormigos@uib.es
[2] Área de Construcciones Arquitectónicas, Departamento Ingeniería Industrial y Construcción, Escuela Politécnica Superior, Universitat de les Illes Balears, Ctra. de Valldemossa, km 7.5. 07122, Palma, España, mangels.llabres@uib.es
[3] Área de Construcciones Arquitectónicas, Departamento Ingeniería Industrial y Construcción, Escuela Politécnica Superior, Universitat de les Illes Balears, Ctra. de Valldemossa, km 7.5. 07122, Palma, España, joan.munoz@uib.es
[4] Área de Construcciones Arquitectónicas, Departamento Ingeniería Industrial y Construcción, Escuela Politécnica Superior, Universitat de les Illes Balears, Ctra. de Valldemossa, km 7.5. 07122, Palma, España, cristian.carmona@uib.es
[5] Área de Construcciones Arquitectónicas, Departamento Ingeniería Industrial y Construcción, Escuela Politécnica Superior, Universitat de les Illes Balears, Ctra. de Valldemossa, km 7.5. 07122, Palma, España, francesc.masdeu@uib.es

RESUMEN

La digitalización de los procesos de ingeniería, construcción y explotación podría suponer ahorros del 10-20% del gasto en construcción de los proyectos de edificación y de infraestructuras. En este contexto, se pretende abordar con el alumnado proyectos reales, que puedan resolverse con un uso extenso de tecnología BIM. Así, se trabaja en colaboración con la Consejería de Educación para realizar un estudio de mejora de varios centros docentes de Mallorca, desde el punto de vista de la sostenibilidad. Se plantea una problemática real a los estudiantes de trabajo final de grado, que ya han seguido un proceso de aprendizaje desde tercer curso en tecnología BIM, y se comprueba si han adquirido nivel suficiente para abordar el proyecto. Se comprueba que son capaces de definir varias de las dimensiones BIM, con relevancia en la sostenibilidad: estudio climático del entorno e incidencia solar, comparativa de sistemas pasivos con énfasis en sistemas flexibles y uso de materiales locales. El equipo docente ofrece apoyo a los estudiantes a través de tutorías que el alumnado va solicitando. Además, el equipo docente cuenta con un canal de Youtube (en opción oculta, sólo pueden verlo los estudiantes que tengan el enlace) con varios videotutoriales sobre el uso de la tecnología BIM. Este canal se ha ido generando en los últimos años, a través de los distintos proyectos de innovación docente. Finalmente, se comparan tres trabajos finales de grado, resueltos durante el mismo curso académico y se concluye que efectivamente el nivel adquirido cumple con las expectativas del equipo docente, puesto que resuelven con éxito el problema planteado, generando un modelo de información completo que, desde la Conselleria, pueden emplear para abordar los trabajos planteados.

Palabras clave: *BIM, sostenibilidad, aprendizaje basado en proyectos*

ABSTRACT

The digitalization of engineering, construction, and operating processes could lead to savings of 10-20% in construction costs for building and infrastructure projects. In this context, the goal is to engage students in real-life projects that can be implemented with extensive use of BIM technology. Thus, we are working in collaboration with the Regional Ministry of Education to conduct an improvement study for several educational centers in Mallorca, considering sustainability in buildings. A real-life problem is presented to

students completing their final degree project, who have already followed a learning process in BIM technology since their third year, and a check is made to determine whether they have acquired sufficient proficiency to tackle the project. The teaching team offers support to students through tutoring sessions requested by students. In addition, the teaching team has a YouTube channel with several video tutorials on the use of BIM technology. This channel has been developed over the past few years through various teaching innovation projects. Finally, three final degree projects completed during the same academic year are compared. It is verified that they can define several BIM dimensions relevant to sustainability: environmental climate study and solar incidence, comparison of passive systems with an emphasis on flexible systems, and the use of local materials. It is concluded that the level acquired effectively meets the teaching team's expectations, as they successfully solve the problem posed, generating a complete information model that the Regional Ministry can use to address the proposed projects.

Keywords: *BIM, Sustainability, Project-based learning*

1. INTRODUCCIÓN

El empleo de la tecnología Building Information Modeling (BIM) en las titulaciones del campo de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) se encuentra en auge. El uso de BIM supone una herramienta adicional en la formación universitaria. Concretamente, en el ámbito de los trabajos finales de grado (TFG) esta metodología puede suponer mejoras importantes en el aprendizaje del alumnado en cuanto a la visualización del modelo digital, la coordinación multidisciplicar (en su caso) y la gestión de la información, llegando a generar un modelo BIM bastante completo, que sirva como inicio en la formación en esta tecnología (Yigitbas et al., 2023).

La metodología BIM es colaborativa que se desarrolla en 3 bloques principales: el modelo digital (1), la información (2) contenida en dicho modelo y el desarrollo colaborativo (3) (Gosalves López et al., 2016). El modelo digital en BIM es un objeto virtual en el que se pretende actuar en modo de rehabilitación, obra nueva o demolición, facilitando la visualización del elemento tanto en 2D como en 3D y permitiendo las modificaciones de diseño. Respecto a la información a incluir en BIM, se puede llevar a cabo mediante metadatos relativos a tipo de elemento, material, dimensiones, etc.; al igual que enlaces externos a otra documentación o modelo. Finalmente, la colaboración es el punto esencial de BIM, permitiendo la coordinación entre diferentes profesionales, permitiendo la intervención de varios agentes en las diferentes etapas de proyecto, desde el boceto, hasta la construcción o demolición.

Por otro lado, en Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) constituye una metodología ideal para poner en práctica el uso de BIM, ya que se centra en el aprendizaje autónomo y el pensamiento crítico. Concretamente, el empleo de APB para el aprendizaje de BIM permite desarrollar proyectos reales y con roles concretos, potenciando la resolución técnica. En este contexto, diversos estudios constatan el éxito del empleo de estas metodologías en la enseñanza y en el aprendizaje, la planificación, la gestión de proyectos y la visualización gráfica frente a métodos tradicionales (Boggio et al., 2025; López & Aguilar, 2023; Sánchez-Barroso et al., 2020; Susana Hormigos Jiménez et al., 2017).

En contraposición, la metodología APB + BIM supone la inversión de un tiempo adicional por parte del equipo docente, tanto para la formación del alumnado en la propia tecnología BIM como para llevar a cabo APB de una forma adecuada (Leite, 2016; Wang & Leite, 2014). Sin embargo, teniendo en cuenta el interés por parte de la Administración Pública en el empleo de BIM en la contratación pública (*El Plan BIM En La Contratación Pública, En Vigor Desde El 1 de Abril, Instruye a Los Órganos de Contratación Del Estado a Licitar Los Contratos de Construcción Con Un Nivel BIM Inicial | Comisión Interministerial BIM*, n.d.) y la similitud de la metodología APB y el ámbito profesional (Chinowsky et al., 2006; Liu et al., 2010; Maida, 2011; Tsai et al., 2019), cabe destacar la importancia de en impulsar APB-BIM especialmente en los TFG, siendo el trabajo de finalización de los estudios del grado.

2. OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo se centra en mostrar la experiencia obtenida en el empleo de la metodología APB-BIM en 3 trabajos finales de grado de la misma temática: la mejora de la envolvente térmica de un colegio en Mallorca. Cada trabajo se centra en un colegio diferente; sin embargo, el fin es el mismo. Para desarrollar esta metodología, se trabaja junto con la Conselleria d'Educació i Universitat (GOIB), dentro

del marco del Encargo de Gestión con la Fundació Universitat-Empresa de les Illes Balears (FUEIB) que lleva por título "Servicio para la medición y análisis de la envolvente térmica y del acondicionamiento ambiental de edificios educativos de las Islas Baleares".

Se trata de introducir a las 3 alumnas en el ámbito profesional desarrollando un proyecto real, en colaboración con el equipo docente, mediante el empleo de la tecnología BIM, tecnología que ya habían practicado durante los dos cursos anteriores en diferentes asignaturas del Grado en Edificación de la Universitat de les Illes Balears.

3. METODOLOGÍA

La metodología a seguir para llevar a cabo la experiencia sobre los TFG en la mejora de la envolvente térmica, por medio de BIM, se centra en varios puntos:

1. La formación en BIM que recibe el alumnado del Grado en Edificación de la UIB.
2. El encargo de gestión entre la Conselleria d'Educació i Universitats y la Fundació Universitat-Empresa de les Illes Balears MEPRO 2024/1139. Dentre de este encargo se permite la realización de TFG, desarrollando un proyecto real y, por tanto, el empleo de APB.
3. El proyecto de innovación docente PID242627 sobre El aprendizaje de la tecnología BIM en el ámbito de la eficiencia energética y la sostenibilidad en la construcción.

3.1 Formación en BIM en el Grado de Edificación de la Universitat de les Illes Balears

En el Grado en Edificación de la Universitat de les Illes Balears se pide el empleo de BIM, concretamente el uso de Revit (de Autodesk), para la resolución de las prácticas de las asignaturas de Sostenibilidad (3 ECTS), de los trabajos grupales de la asignatura de Construcción IV (6 ECTS) y de todos los trabajos en los que sea aplicable en la asignatura de Proyectos Técnicos (9 ECTS). Se desarrolla, por tanto, un aprendizaje progresivo en esta metodología desde el primer cuatrimestre de tercer curso con la asignatura de Sostenibilidad, siguiendo en el segundo cuatrimestre del mismo curso con la asignatura de Construcción IV y finalizando en el primer cuatrimestre de cuarto curso con la asignatura de Proyectos Técnicos. Adicionalmente, el equipo docente dispone de un canal de Youtube donde se han añadido, a lo largo de 8 años, vídeos formativos sobre la resolución de tareas concretas mediante el empleo de BIM. La información sobre el contenido de estas asignaturas y los trabajos a desarrollar se encuentra ampliamente detallada en un trabajo previo (Susana Hormigos Jiménez et al., 2024).

Para el desarrollo del TFG (18 ECTS), el uso de BIM de plantea como una opcionalidad; sin embargo, gran parte del alumnado decide desarrollar su trabajo con esta metodología, para profundizar en su aprendizaje. Se plantea como un reto a resolver, teniendo en cuenta que se dispone de las herramientas básicas para afrontarlo, adquiridas durante los tres cuatrimestres anteriores.

3.2 Descripción del Encargo de Gestión para la medición y análisis de la envolvente térmica

3.2.1 *Descripción general*

El Govern de les Illes Balears, a través de la Conselleria d'Educació i Universitat, pretende desarrollar acciones concretas relacionadas con la medición y el análisis de la envolvente térmica y del acondicionamiento ambiental de los edificios educativos de las Islas Baleares. El objetivo de dichas actuaciones es mejorar la eficiencia energética, la adecuación y la rehabilitación ambiental para dar cumplimiento al Real Decreto 486/1997, del 14 de abril, por el cual se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Para ello, la Conselleria establece un encargo de gestión con la Fundació Universitat-Empresa de les Illes Balears, para que investigadores de la Universitat de les Illes Balears (UIB) desarrollen el encargo MEPRO 2024/1139.

3.2.2 *Tareas concretas*

Las tareas a realizar se dividen en varias actividades:

1. Identificar y analizar variables relacionadas con el sistema constructivo y de acondicionamiento ambiental de cada edificio. Registrar y analizar la ubicación de cada edificio a evaluar, teniendo en cuenta la orientación y las condiciones del entorno.
2. Llevar a cabo un análisis exhaustivo sobre la calidad ambiental interior (CAI) de los centros a analizar: calidad del aire, condiciones higrotérmicas, calidad lumínica y calidad acústica. Analizar y correlacionar los datos registrados para avanzar hacia un espacio interior salubre y proponer mejoras relacionadas con la CAI y la envolvente térmica.
3. Establecer propuestas específicas de mejora, de acuerdo con el análisis previo. Estudiar la posibilidad de incorporar el suministro de energías renovables considerando la instalación eléctrica del edificio.

3.3 Proyecto de innovación docente sobre el aprendizaje de la tecnología BIM en el ámbito de la eficiencia energética y la sostenibilidad

3.3.1 *Descripción general*

El equipo investigador dispone, además, de un proyecto de innovación docente con identificación PID242627 que lleva por título “El aprendizaje de la tecnología BIM (Building Information Modeling) en el ámbito de la eficiencia energética y la sostenibilidad en la construcción, adaptación al Plan BIM”. Este proyecto se enmarca dentro de la convocatoria interna de la UIB sobre ayudas para proyectos de innovación y mejora de la calidad docente para los años académicos 2024-2026 que organiza el Institut de Recerca i Innovació Educativa (IRIE) en colaboración con la UIB-GOIB.

A través de este proyecto se pretende preparar al alumnado para un cambio de paradigma en el sector de la construcción ya que, desde junio de 2023, está llevándose a cabo el Plan BIM en la contratación pública. Este Plan se alinea con la política de fomento de la innovación a través de la contratación pública estratégica, impulsada por la Comisión Europea, e incluida en las principales directivas de contratación pública de los últimos años. A través de la metodología BIM es posible: mejorar la eficiencia del gasto público y facilitar la transformación digital del sector de la construcción.

3.3.2 *Temáticas del proyecto de innovación docente*

Las temáticas en las que se encuadra el proyecto son las siguientes:

- La mejora del aprendizaje del alumnado a través del diseño, la aplicación, la evaluación y la divulgación de nuevas metodologías.
- El diseño, la aplicación y la evaluación de acciones de innovación para integrar conocimientos y acciones interdisciplinares y/o transversales.
- La aplicación y la evaluación de actividades de formación complementarias para el alumnado y/o el personal docente.
- El diseño, la aplicación, la evaluación y la divulgación de prácticas de aprendizaje o prácticas curriculares que fomenten el aprendizaje profesionalizador.
- El desarrollo, la implementación y la evaluación de prácticas de orientación personal, académica y profesional.

3.3.3 *Objetivos del proyecto de innovación docente*

Los objetivos del proyecto de innovación docente son los siguientes:

1. Proporcionar al alumnado experiencias que favorezcan el pensamiento crítico y el aprendizaje del ciclo de vida de un edificio, desde el diseño hasta la construcción y uso.
2. Proporcionar al alumnado experiencias que faciliten su incorporación al ámbito profesional, creando soluciones a problemas realistas.
3. Preparar al alumnado para un nuevo paradigma dentro del sector de la construcción.

3.4 Desarrollo del TFG mediante el empleo de ABP-BIM para la mejora de la envolvente térmica

Teniendo en cuenta tanto el encargo de gestión MEPRO 2024/1139 y el proyecto de innovación docente PID242627, se lleva a cabo el presente trabajo, en el que se permite la realización de TFG por medio de la aplicación de APB (considerando un proyecto real, por medio del encargo de gestión) y BIM (siguiendo el proyecto de innovación docente).

3.4.1 *Objeto de los TFG*

Se trata de realizar un estudio de mejora de la envolvente térmica de un colegio en Mallorca sin perder de vista que se trata de un trabajo académico y no de un proyecto profesional. Por tanto, habrá documentación que no sea necesario desarrollar.

3.4.2 *Objetivos de los TFG*

- Establecer estrategias pasivas que permitan mejorar la envolvente térmica del edificio objeto de estudio.
- Diseñar la zona de juego de los patios, que permita disponer de zonas de protección de condiciones climatológicas adversas.
- Resolver todas las actuaciones planteadas conforme a normativa vigente.
- Desarrollar la documentación gráfica y técnica, siempre que sea posible, con tecnología BIM.

4. RESULTADOS

4.1.1 *Generalidades*

Tras ofrecer al alumnado el desarrollo de este tipo de TFG, finalmente 3 alumnas decidieron abordar esta temática. La tabla 1 refleja los datos de los TFG llevados a cabo.

Tabla 1. TFG realizados durante el curso académico 2023-2024 mediante empleo de APB-BIM y dentro de la mejora de la eficiencia energética y la sostenibilidad

Título de los TFG	Tiempo de desarrollo	Software empleado	Cumplimiento de objetivos iniciales	Nota obtenida	Horas aproximadas de dedicación
Estudio de mejora de la envolvente térmica y de la zona de patio de un colegio en Llucmajor	Febrero – julio de 2024		Sí	10 - Matrícula de Honor	550-600
Estudio de mejora de la envolvente térmica y de la zona de patio de un colegio en Palma	Febrero – julio de 2024	Revit (Autodesk ®)	Sí	9.2	500-550
Estudio de mejora de la envolvente térmica y de la zona de patio de un colegio en Esporlas	Febrero – septiembre de 2024		Sí	8.1	450-500

Como se refleja en la tabla, la temática de los 3 TFG es idéntica, modificando únicamente el caso de estudio. Cada colegio se ubica en un municipio diferente de la isla de Mallorca, lo que condiciona también el clima, especialmente en uno de los centros (aquel ubicado en Esporlas) frente a los otros dos centros (Palma y Llucmajor) con climas similares.

Dos de los TFG realizados se comenzaron en febrero y se finalizaron con la defensa en el mes de julio; sin embargo, uno de ellos se extendió hasta septiembre, aunque las horas de dedicación fueron inferiores, al igual que la calificación final obtenida.

Para la elaboración de la documentación gráfica y gran parte de la documentación técnica se empleó el software Revit, cumpliendo con los objetivos iniciales.

4.1.2 *Documentación generada*

Finalmente, la documentación generada en los 3 TFG se reduce a la documentación gráfica (apartado de planos). Se concluye que el modelado desarrollado no llega a un grado de definición suficiente para efectuar el estado de mediciones y presupuesto o cualquier anejo adicional respecto al ámbito energético.

Las figuras 1-3 reflejan el modelo digital desarrollado en cada TFG.

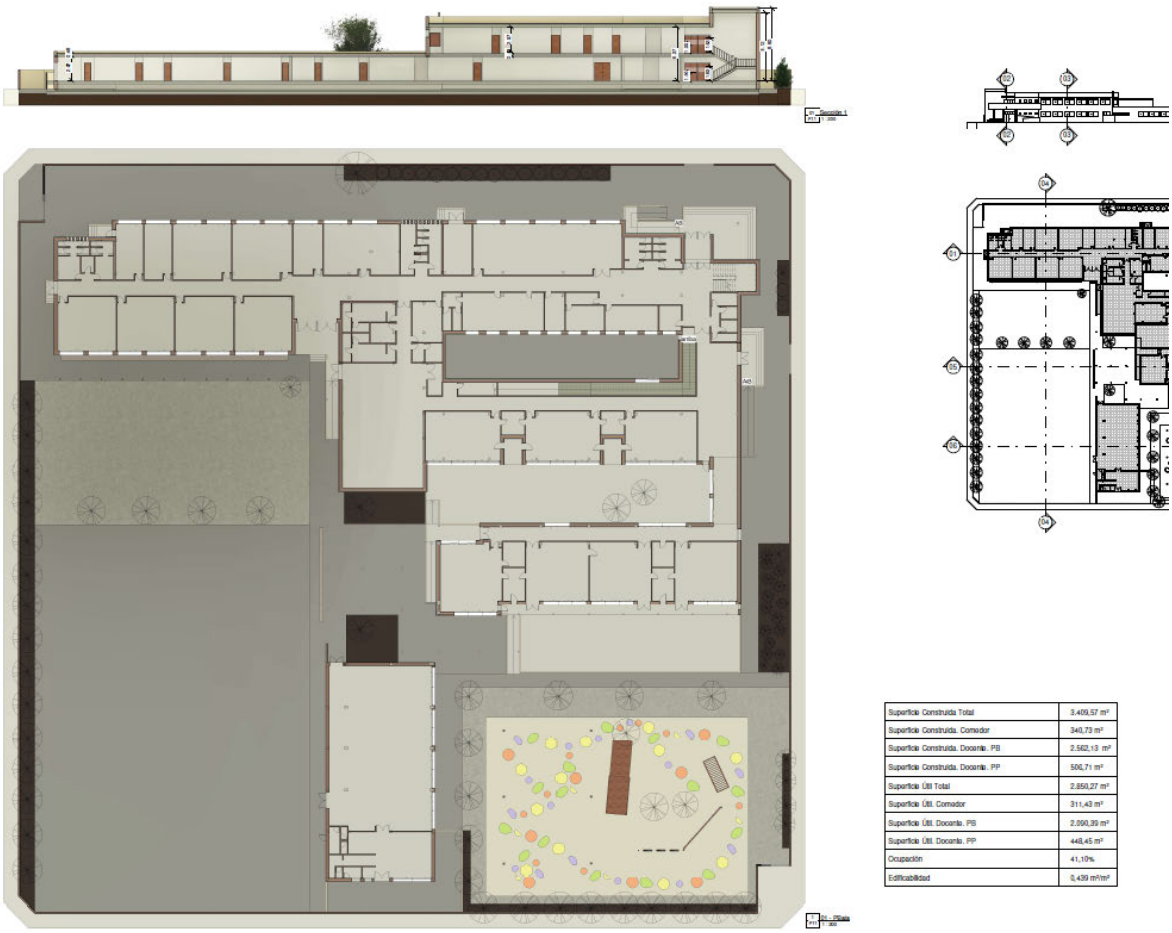


Figura 1. Modelo digital del TFG desarrollado para un colegio en Llucmajor

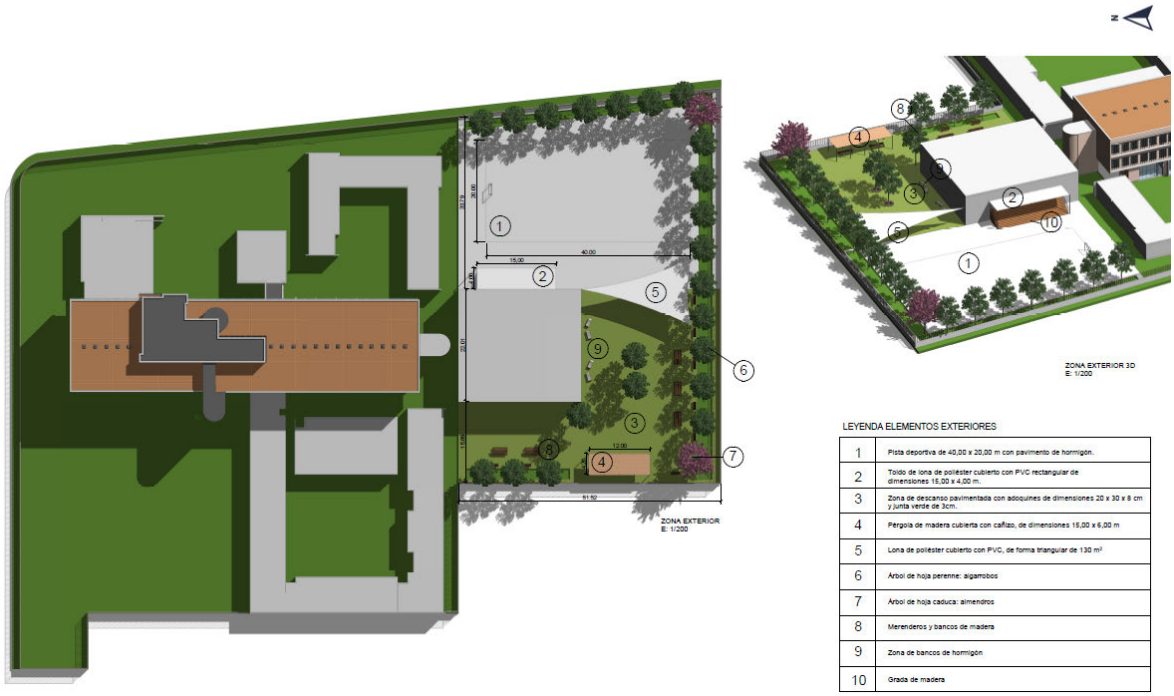


Figura 2. Modelo digital del TFG desarrollado para un colegio en Palma

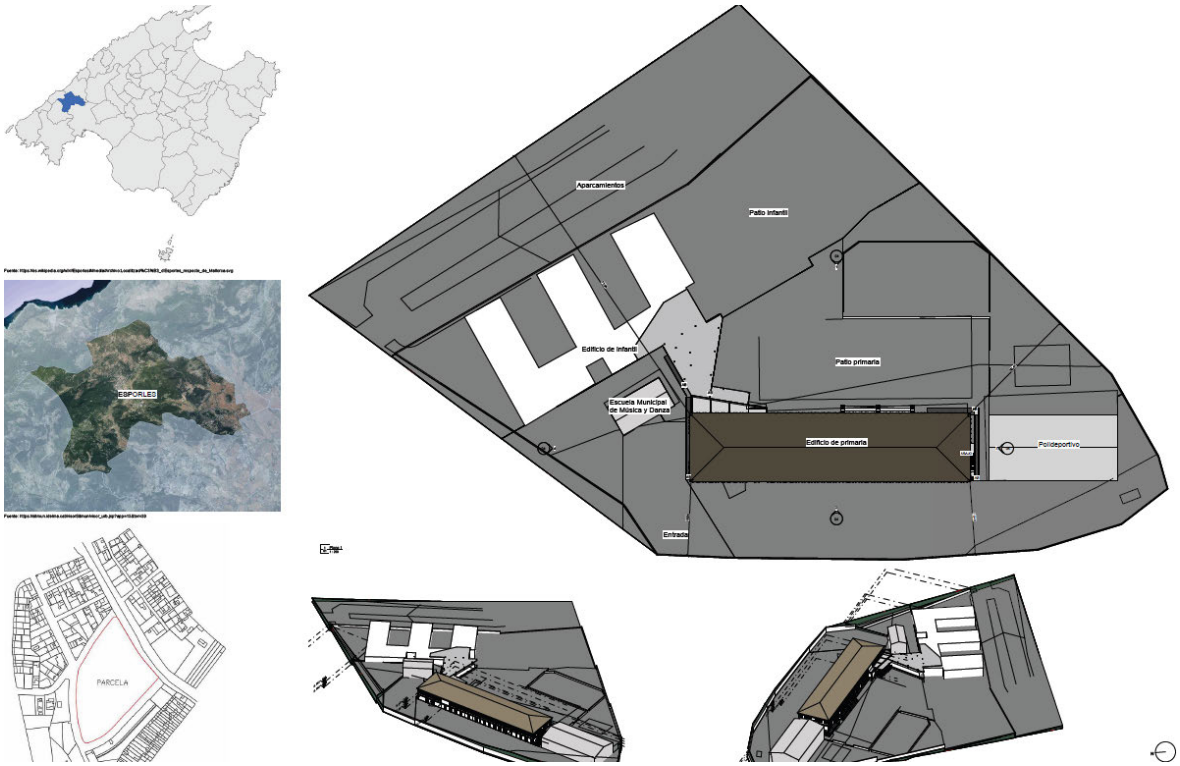


Figura 3. Modelo digital del TFG desarrollado para un colegio en Esporlas

En el modelo digital, se define la siguiente información:

- Ubicación exacta del edificio y terreno.
- Sistemas constructivos de fachada de la envolvente térmica tanto del estado actual como del reformado.
- Estrategias pasivas empleadas: carpinterías, aislamiento, sistemas flexibles, zona de patio.

Para realizar el estudio de mejora energética, en los 3 TFG se emplea la herramienta CE3X y, para el desarrollo del capítulo de mediciones y presupuesto se emplea el software Arquímedes de Cype ®.

4.1.3 *Horas de dedicación*

Tanto para el equipo docente como para el alumnado, las horas de dedicación superan en gran medida aquellas correspondientes a 18 ECTS, que son los asignados a la asignatura de TFG. El número de horas a destinar por parte de los estudiantes sería de 450, sin embargo, en la tabla 1 se muestra que se supera esta cantidad, principalmente para conocer en detalle el edificio objeto de estudio y para desarrollar el modelado del estado actual.

5. CONCLUSIONES

El presente estudio muestra la experiencia adquirida tras la aplicación de la metodología ABP-BIM en 3 TFG del Grado en Edificación de la UIB. En este contexto, se demuestra que se trata de metodologías eficaces para introducir al alumnado al mundo profesional, presentando una problemática real respecto a un tema de actualidad. La colaboración con la Administración pública ha permitido contextualizar los TFG en una situación real y, además, el proyecto de innovación docente ha permitido aplicar una metodología clara sobre la tecnología BIM para desarrollar una solución respecto a un tema concreto en materia de eficiencia energética y sostenibilidad.

Los resultados obtenidos demuestran que las competencias adquiridas por parte de las alumnas participantes cumplen con aquellas diseñadas inicialmente, tanto en el empleo de BIM como en el estudio y desarrollo de soluciones dentro del marco de la eficiencia energética y la sostenibilidad. Por otro lado, la documentación generada, aunque centrada principalmente en el modelado, ha sido suficiente para abordar el problema planteado desde el rigor técnico.

Finalmente, se constata que tanto las alumnas como el equipo docente han realizado una dedicación horaria muy superior a la asignación oficial de ECTS. Por ello, como futura línea de investigación, se pretende ajustar la dedicación horaria asignando tareas concretas, que permitan adquirir las competencias necesarias. En este sentido, se pretende asignar objetivos de TFG más específicos, para evitar una carga de trabajo excesiva.

Esta experiencia pone de manifiesto la necesidad de continuar fomentando el aprendizaje en nivel de TFG a través de la metodología ABP-BIM, ya que se alcanza un alto grado de implicación por parte del alumnado al vincularse con objetivos reales de sostenibilidad y mejora de la calidad ambiental interior.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boggio, D. O. L. R., Cruz, J. J. P. P., Jiménez, A. T. C., & Coronado, B. S. E. (2025). La Implementación de la tecnología BIM en la currícula de las escuelas de arquitectura en universidades peruanas: una revisión sistemática de las razones, beneficios y estrategias. *EVSOS*, *3*(3), 128–143. https://doi.org/10.57175/EVSOS.V3I3.248

Chinowsky, P. S., Brown, H., Szajnman, A., & Realph, A. (2006). Developing knowledge landscapes through project-based learning. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, *132*(2), 118–124. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1052-3928(2006)132:2(118)

El Plan BIM en la contratación pública, en vigor desde el 1 de abril, instruye a los órganos de contratación del Estado a licitar los contratos de construcción con un nivel BIM Inicial | Comisión Interministerial BIM. (n.d.). Retrieved June 23, 2025, from https://cibim.transportes.gob.es/sala-de-prensa/noticias/el-plan-bim-en-la-contratacion-publica-en-vigor-desde-el-1-de-abril-instruyeç

Gosalves López, J., Murad Mateu, M., Cerdán Castillo, A., Fuentes Giner, B., Hayas López, R., López García, J., & Zuñeda Ruiz, P. P. (2016). *BIM en 8 puntos*. https://cibim.transportes.gob.es/recursos_cbim/bb_gt2_personas_sg_2.1_difusion.pdf

Leite, F. (2016). Project-based learning in a building information modeling for construction management course. *Journal of Information Technology in Construction*, *21*(April), 164–176. https://www.itcon.org/papers/2016_11.content.03448.pdf

Liu, Y., Lou, S., Shih, R., Meng, H., & Lee, C. (2010). A Case Study of Online Project-Based Learning: The Beer King Project. In *International Journal of Technology in Teaching and Learning* (Vol. 6, Issue 1). https://sicet.org/main/wp-content/uploads/2016/11/ijttl-10-01-4_Shin.pdf

López, S. T., & Aguilar, G. M. (2023). Experiencias de la integración de la metodología BIM en el aula: caso de estudio. *Encuentro Internacional de Educación En Ingeniería*, 1–11. https://doi.org/10.26507/PAPER.3278

Maida, C. A. (2011). Project-based learning: A critical pedagogy for the twenty-first century. *Policy Futures in Education*, *9*(6), 759–768. https://doi.org/10.2304/pfie.2011.9.6.759

Sánchez-Barroso, G., Gónzalez-Domínguez, J., Badilla-Murillo, F., Aunión-Villa, J., Sanz-Salcedo, J. G., Carrasco-Amador, J. P., & Cañito-Lobo, J. L. (2020). Implementación del aprendizaje basado en proyectos a través de la tecnología BIM = Implementing Project-Based Learning through BIM Technology. *Advances in Building Education*, *4*(2), 34–41. https://doi.org/10.20868/ABE.2020.2.4462

Susana Hormigos Jiménez, Francesc Masdeu, Joan Muñoz, Cristian Carmona, & Gabriel Antonio Horrach Sastre. (2017). Revisión del uso de Building Information Modeling en la Educación Superior relacionada con la arquitectura, ingeniería y construcción. *Investigación e Innovación En Educación No Universitaria Para Tender Puentes Con La Educación Superior*, 211–222. http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/71244

Susana Hormigos Jiménez, Francesc Masdeu, Joan Muñoz, Cristian Carmona, & Gabriel Antonio Horrach Sastre. (2024). Teaching passive design strategies and sustainability in construction by using BIM and project-based learning. *EDIFíCATE 2023: II National and I International Congress of Advanced Schools Buildings Engineering and Technical Architecture, 2024, ISBN 9788433873064, Págs. 177-186*, 177–186. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9710256

Tsai, M., Chen, K., & Chang, Y. (2019). *Development of a Project-Based Online Course for BIM Learning*. 1–18. https://doi.org/10.3390/su11205772

Wang, L., & Leite, F. (2014). Process-oriented approach of teaching building information modeling in construction management. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, *140*(4), 04014004. https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000203

Yigitbas, E., Nowosad, A., & Engels, G. (2023). Supporting Construction and Architectural Visualization through BIM and AR/VR: A Systematic Literature Review. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *14143 LNCS*, 145–166. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42283-6_8

INICIACIÓN AL USO DE BIM EN LA ASIGNATURA DE SOSTENIBILIDAD

INTRODUCTION TO THE USE OF BIM IN THE SUSTAINABILITY SUBJECT

María Angels Llabrés Morey[(1)], Susana Hormigos Jiménez[(2)]

[1] UIB-Universidad de las Islas Baleares, Palma, España, mangels.llabres@uib.es
[2] UIB-Universidad de las Islas Baleares, Palma, España, susana.hormigos@uib.es

RESUMEN

La tecnología BIM permite enfocar un proyecto como un proceso integrado, con un diseño eficiente y un formato completo de información. No obstante, sigue habiendo carencia en la formación en BIM, por ello resulta relevante potenciar esta tecnología en los estudios universitarios. En el Grado en Edificación de la Universitat de les Illes Balears, se inicia a los estudiantes en esta tecnología en la asignatura de Sostenibilidad.

La metodología consiste en resolver una serie de ejercicios específicos, que tendrán un mayor grado de complejidad a medida que avanzan el curso. El método de enseñanza consiste en los siguientes pasos: (1) clases teóricas sobre conceptos básicos de sostenibilidad aplicados a la edificación y cómo considerarlos en el software Revit (BIM) para modelizarlos y disponerlos en un edificio. Las clases teóricas se dividen en diversos temas, cada tema corresponde a un criterio sostenible de la edificación: orientación y ubicación del edificio dentro de una parcela, criterios de control ambiental y energético, reducción del uso de materiales y fomento del uso de recursos naturales, materiales sostenibles y locales. (2) Clases prácticas que se desarrollan en función de las necesidades de los alumnos, que deben ir resolviendo los ejercicios concretos a través de la aplicación de la metodología BIM. Como apoyo, el equipo docente cuenta con un canal de Youtube con videotutoriales que sirven de ejemplo para desarrollar los proyectos.

Se comparan los dos últimos cursos en los que se ha aplicado esta metodología. Los resultados obtenidos son satisfactorios ya que el alumnado llega a comprender el funcionamiento básico de la tecnología BIM, a la vez que aprende a aplicar los conceptos teóricos en un edificio real, con un modelo que comprende información suficiente para el nivel al que se pretende llegar.

Palabras clave: *BIM, sostenibilidad, aprendizaje basado en proyectos.*

ABSTRACT

BIM technology allows a project to be approached as an integrated process, with efficient design and a complete information format. However, there is still a lack of BIM training, so it is important to promote this technology in university studies. In the bachelor's degree in building construction at the University of the Balearic Islands, students are introduced to this technology in the Sustainability course.

The methodology consists of solving a series of specific exercises, which will increase in complexity as the course progresses. The teaching method consists of the following steps: (1) theoretical classes on basic sustainability concepts applied to construction and how to consider them in Revit (BIM) software to model and arrange them in a building. The theoretical classes are divided into various topics, each corresponding to a sustainable building criterion: orientation and location of the building within a plot, environmental and energy control criteria, reduction of material use, and promotion of the use of natural resources, sustainable and local materials. (2) Practical classes are developed based on the students' needs, who must solve specific exercises through the application of the BIM methodology. For support, the teaching team has a YouTube channel with video tutorials that serve as examples for developing the projects.

The last two courses in which this methodology has been applied are compared. The results obtained are satisfactory, since students come to understand the basic functioning of BIM technology, while learning to apply theoretical concepts in a real building, with a model that includes sufficient information for the level they are aiming to achieve.

Keywords: *BIM, Sustainability, Project-based learning*

1. INTRODUCCIÓN

Durante toda la historia arquitectónica, los métodos de realización de los proyectos han ido avanzando y adaptándose a las necesidades del sector constructivo.

De esta forma, se ha ido transfiriendo la documentación, primeramente, totalmente manual (en papel) y posteriormente se ha ido digitalizando con la introducción de las primeras tecnologías de diseño asistido por ordenador (CAD), con la evolución en tiempos actuales al uso de la tecnología de modelado de información para la construcción (BIM - Building Information Modeling). Es decir, la historia de la documentación gráfica ha pasado por tres etapas: fase manual, fase digital y fase BIM (Pérez-Sánchez et al., 2017).

Hasta hace poco el software más empleado y popular en el sector de la construcción es AutoCAD, sin embargo, con la aparición del software BIM se ha realizado un gran avance en el proceso de diseño, construcción y finalización de cualquier edificio (Bernadete Barison, Toledo Santos; 2010). Permite la construcción de forma coordinada, mejorando en resultados y reduciendo en costes, así como participar en todo el ciclo de vida del edificio (Pérez-Sánchez et al., 2017). Es por ello, que el uso del BIM en el sector de la Arquitectura, la Ingeniería y la Construcción (AIC) ha sufrido un incremento notable desde la última decáda (Clevenger, Glick & del Puerto, 2012; Forsythe, Jupp & Sawhney, 2013; Šadauskienė & Pupeikis, 2018), incluso desplazando el uso de Autocad (El País, 2025).

La tecnología BIM es una metodología de trabajo colaborativa que se basa en la creación y gestión de modelos digitales tridimensionales que contienen información detallada sobre todos los aspectos de un proyecto de construcción: arquitectura, estructura, instalaciones, costos, tiempos, mantenimiento, etc. (Ingeoexpert, 2025). Por tanto, a través de herramientas informáticas y mediante un repositorio de información, se pueden documentar todas las fases que conforman el ciclo de vida de un edificio (Gosalves López et al., 2016).

La tecnología BIM se basa en tres bloques: el modelo digital, la información y la colaboración (Gosalves López et al., 2016). El modelo BIM se ha vuelto tan importante a día de hoy por los siguientes motivos (Echeverri & Obando, 2024):

- Colaboración efectiva: todos los profesionales (arquitectos, ingenieros, constructores, operadores) trabajan sobre un mismo modelo coordinado. Reduce errores y contradicciones entre disciplinas.
- Mayor precisión y control: detecta conflictos entre elementos (como un ducto que atraviesa una viga). Mejora la calidad del diseño y la ejecución.
- Ahorro de tiempo y dinero: planificación más eficiente; menos retrabajos y cambios de último momento.
- Gestión del ciclo de vida del edificio: no termina con la construcción, ya que se usa para operar y mantener el edificio durante décadas.
- Cumplimiento normativo y sostenibilidad: facilita análisis energéticos, estudios ambientales, y cumplimiento de normativas técnicas.

Ante esta nueva realidad profesional, el uso del BIM se ha vuelto tan necesario en la formación de los grados universitarios, no obstante, la formación universitaria en esta área aún presenta importantes deficiencias, sobre todo, en los estudios de arquitectura técnica, ya que en arquitectura la integración ha sido anterior (León-Cascante et al., 2021; Roig-Vila, 2018; Leon et al., 2016; Roig-Vila; 2017). En este contexto, resulta fundamental avanzar hacia la integración de BIM en los programas de estudios de grado de arquitectura técnica y edificación, además del resto de estudios técnicos (Tsai, Chen & Chang, 2019; Wang & Leite, 2014; Leite, 2016; Maida, 2011).

Por ello, resulta tan importante la introducción del BIM en los estudios señalados (Oliver Faubel, 2016; Salanova Serrano, 2016; Piedecausa-García et al., 2017), además de que guarda una estrecha relación con el

enfoque profesional del sector AIC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), lo que incrementa la motivación del estudiante (Clevenger, Glick & del Puerto, 2012; Šadauskienė & Pupeikis, 2018).

Cabe señalar que la introducción de BIM en la docencia universitaria requieren una dedicación significativa y un desafío adicional para el profesorado (Ferreira y Canedo, 2020; Leite, 2016; Wu y Luo, 2016). Sin embargo, en un contexto en el que la digitalización del sector de la construcción avanza a gran velocidad y las administraciones públicas están impulsando activamente la adopción de BIM (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana; 2023), resulta fundamental fomentar este tipo de enfoques pedagógicos en los grados, a fin de preparar al alumnado para los actuales retos profesionales (Hormigos et al., 2023).

2. OBJETIVOS

El presente trabajo pretende tiene el objetivo de describir la experiencia obtenida durante los dos últimos cursos académicos (2023-2024 y 2024-2025), de la implantación de la tecnología BIM, mediante el uso del software Revit (modelado en 3D) para la aplicación de la metodología APB, en la asignatura de Sostenibilidad del Grado en Edificación de la Universidad de las Islas Baleares (UIB).

En la asignatura de Sostenibilidad, de tercer curso de primer semestre, es la primera vez que se les introduce en el uso del software Autodesk Revit, para posteriormente seguir con su aplicación en las asignaturas siguientes: Construcción IV (tercer curso del segundo semestre) y Proyectos Técnicos (cuarto curso del primer semestre).

Al tratarse de una experiencia de implantación inicial, el software se emplea básicamente como una herramienta de modelado. De esta forma el alumnado aprende a perfeccionar el manejo de la herramienta, además de que favorezca su pensamiento crítico y el aprendizaje del proceso constructivo de un edificio, mediante el enfoque sostenible.

Además, del aprendizaje individual y colectivo, BIM proporciona una ventaja competitiva al permitir la simulación y visualización en tiempo real, facilitando el entendimiento del alumnado de la construcción de edificios.

3. METODOLOGÍA

La asignatura de Sostenibilidad, situada en el primer semestre del tercer curso, pretender dar a conocer al alumnado los conocimientos y competencias orientados a integrar los principios del desarrollo sostenible en el diseño, construcción, uso y mantenimiento de los edificios. Para ello, la asignatura se estructura se estructura en dos partes: clases de teoría y clases de práctica.

La asignatura de sostenibilidad solamente dispone de tres créditos, por lo que se distribuye en 2 horas clases en una única semana. La distribución de las clases se divide, por tanto, en 1 hora de teoría y la siguiente hora de práctica.

3.1 Clases teóricas

En las clases teóricas se estudian los conceptos básicos de la sostenibilidad aplicados a la edificación. La teoría se divide en siete temas correspondientes cada uno a un criterio sostenible de la edificación: orientación y ubicación del edificio dentro de una parcela, criterios de control ambiental y energético, reducción del uso de materiales y fomento del uso de recursos naturales, materiales sostenibles y locales.

El contenido de las clases teóricas se presenta la tabla 1:

Tabla 1. Temario y contenidos de las clases teóricas de Sostenibilidad.

Temario sostenibilidad	Temática	Contenido
T.1	Conceptos básicos de la sostenibilidad	Desarrollo sostenible. Construcción sostenible, bioclimática, orgánica y bioconstrucción. Confort y objetivos.
T.2	Arquitectura bioclimática	Control ambiental (clima). Urbanismo y energía. Diseño energético.
T.3	Criterios energéticos y medioambientales en la construcción	Diseño energético: anteproyecto, proyecto, ejecución, explotación y derribo.
T.4	Materiales de construcción	Cimentación y estructura, cubiertas, cerramientos exteriores, divisiones y acabados interiores, pavimentos, instalaciones, pinturas, impermeabilizaciones y sellantes.
T.5	Gestión de residuos de construcción y demolición	Tipos y gestión, marco de legislativo y normativa técnica.
T.6	Código Técnico de Edificación y la Sostenibilidad	DB HS-HE-HR.
T.7	Certificación de la Sostenibilidad	Certificación energética, edificios consumo casi nulo, passivhaus y certificaciones de sostenibilidad.

Las clases de teoría comprenden la adquisición de los conocimientos para poder resolver las clases de prácticas mediante el modelizado del software Revit (BIM). Para la adquisición de los objetivos, las clases de teoría se resuelven mediante dos exámenes anuales y clases de práctica se establecen mediante la entrega de dos trabajos (individual y grupal). En la tabla 2 se muestran las actividades descritas anteriormente.

Tabla 2. Actividades a desarrollar en Sostenibilidad

Actividades	Número
Exámenes	2
Trabajos individuales	1
Trabajos grupales	3

3.2 Clases prácticas

Las clases de práctica se inician posteriormente a la primera hora de teoría. Durante la siguiente hora se realizan diversas actividades: explicación de los trabajos a desarrollar para aplicar los conocimientos teóricos, resolución de diversas actividades y/o problemas enfocados en la sostenibilidad y uso del programa de modelado 3D Autodesk Revit.

Como se indicaba en la tabla 2, estas clases prácticas comprenden 3 trabajos grupales relacionados y 1 trabajo individual. Cada una de estas actividades, grupales e individuales, consisten en:

- Actividades individuales: se presenta como el levantamiento constructivo a nivel general (no se profundiza en estructura) de una vivienda unifamiliar aislada en un lugar del planeta elegido de un listado mediante el uso de un programa de análisis climático que permite extraer las estrategias más adecuadas analizando la climatología del lugar concreto. Una vez seleccionadas las estrategias se debe levantar la vivienda con el software Revit.
- Actividades grupales: estas actividades son tres, durante todo el semestre, relacionadas con la teoría. En estas entregas se debe realizar un proyecto sostenible en un edificio público escolar de la elección del profesorado. En la primera entrega se solicita analizar el clima y la implantación en la parcela. En la segunda se deben proponer cambios en el edificio mediante la aplicación de sistemas pasivos de control climático. Y en la última entrega, se debe reunir todo lo expuesto anteriormente y materializar las propuestas. Cada una de estas entregas se debe realizar

completamente en Revit. Además, posteriormente se realiza una pequeña presentación de cada entrega para evaluar entre todo el alumnado las elecciones propias y sus compañeros.

En la tabla 3, se realiza un resumen de los objetivos de cada una de las actividades modeladas con Revit:

Tabla 3. Resumen objetivos actividades resueltas con la tecnología BIM (software Revit).

Actividades	Objetivos
Trabajos individuales	Memoria con aplicación del programa climático, con planos, en la que se detalla la envolvente de la vivienda conforme al clima concreto. Se pide el/los archivo/s de Revit de resolución.
Trabajos grupales	Entrega de 1 o 2 láminas formato A2 en cada entrega, donde se muestre el desarrollo del proyecto sostenible del edificio público mediante: 1) análisis de clima y parcela, 2) sistemas pasivos de control climático y (3) materiales. Se pide el/los archivo/s de Revit de resolución.

Durante estos dos últimos años, se han realizado dichas actividades atendiendo a un edificio de estudio individual o colectivo concreto según la actividad:

- Actividades individuales: en esta actividad se debe realizar un edificio unifamiliar aislado de libre diseño, según las estrategias climáticas.
- Actividades grupales: en las tres entregas el edificio es el mismo, siendo un edificio público, de diversas plantas. En estos dos años se han usado centros escolares del municipio.

3.2.1 *Material de apoyo para la resolución de los trabajos*

Como durante las clases prácticas solamente se dispone de una hora para explicar el enunciado, resolver los problemas y explicar el software Revit, se realizan grabaciones de su uso disponibles en la plataforma de la asignatura. Desde la plataforma se accede a un canal de Youtube, de permiso oculto, para que solamente puedan acceder los alumnos con el enlace de acceso.

En años anteriores los vídeos se iban grabando durante la clase de explicación, por lo que solamente podía intervenir el profesorado. En estos dos cursos expuestos se observó que la intervención del alumnado es más productiva para resolver dudas e ir a un ritmo que ellos puedan seguir el proceso. Por lo que los vídeos se graban posteriormente por parte del profesorado siguiendo el orden de explicación de clase.

3.3 Objetivos de la asignatura

Los objetivos de la asignatura, por tanto, son comprender el concepto de la sostenibilidad desde la perspectiva de edificación y su aplicación en la construcción. Por ello, las clases se dividen en teoría (aprender conocimientos y competencias) y práctica (aplicación de conceptos en un proyecto real).

Esta metodología de trabajo se realiza desde el curso académico 2018-19, sin embargo, la aplicación de BIM no se ejecutó hasta el curso académico 2019-20. Solamente, en el curso académico 2022-23 fue interrumpida, por la modificación del equipo docente (Hormigos, 2023).

Los objetivos de aprendizaje que se pretenden conseguir en esta asignatura son:

- Específicos: conocimiento de la evaluación del impacto medioambiental en edificación y demolición, de la sostenibilidad en la edificación.
- Genéricos: capacidad para aplicar los conocimientos aprendidos en trabajos profesionales y para demostrar defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio
- Transversales: aptitudes para la toma de decisiones y el trabajo en equipo.

3.4 Evaluación de la actividad práctica

3.4.1 *Criterios de evaluación*

Para la evaluación de las actividades del alumnado se emplean rúbricas de manera objetiva y formativa, que detallan los criterios específicos de evaluación y describen los distintos niveles de logro para cada uno. En el resumen de la tabla 4, con las rúbricas se analiza los siguientes objetivos:

Tabla 4. Resumen objetivos actividades resueltas con la tecnología BIM (software Revit)

Criterios	Trabajos individuales	Trabajos grupales
Desarrollo la actividad	Memoria clara, con organización correcta (introducción, resolución, conclusiones).	Lámina con información completa (escrita e imágenes), aplicación de la teoría en la resolución.
Uso del programa Revit (grafismo)	Planos con la resolución correcta, modelado completo de la definición de los elementos solicitados, composición adecuada.	
Expresión escrita y presentación	La información debe estar correctamente presentada, redacción correcta con empleo de vocabulario constructivo y técnico, sin faltas de ortografía.	

De esta forma, se obtiene una calificación numérica clara, por objetivos, desde 0 a 10. Donde 0 es la menor puntuación lograda, por falta de desarrollo de objetivos, y 10 representa la ejecución completa y excelente de los objetivos.

3.4.2 *Evaluación de la tarea docente*

Además, mediante las encuestas anónimas que el Servicio de Estadística y Calidad Universitaria de la UIB se conoce el nivel de satisfacción del alumnado con la asignatura. También se permite, además de evaluar el desempeño docente y la calidad de la enseñanza, realizar comentarios con propuestas de mejora.

4. RESULTADOS

En resultados se muestra la evaluación de estos dos últimos años académicos 2023-24 y 2024-25 mediante el uso de la metodología BIM.

Respecto a la realización de los trabajos, por lo general, el alumnado reconoce la importancia de adquirir competencias en el uso del software, entendiendo su aplicabilidad directa en el ejercicio profesional, siendo capaces de valorar las funcionalidades que este software les ofrece.

Respecto a los trabajos grupales, estos se sienten más cómodos ya que la actividad evaluativa se realiza entre diferentes integrantes elegidos entre ellos. El alumnado es quien se organiza para asignarse tareas concretas para obtener la entrega final. Sin embargo, en el trabajo individual, aunque toda la carga recae sobre una misma persona, el alumnado puede establecerse un ritmo adecuado a su manejo y una organización sin depender del resto de integrantes.

Realizar trabajos de cada caso es importante y simula las situaciones profesionales. En los trabajos grupales se desarrollan las actividades colectivas y de cooperación, así como el desarrollo de las habilidades sociales y comunicativas, además de la responsabilidad y el aprendizaje compartido. Y en los trabajos individuales se les prepara para fomentar la autonomía, organización, el rendimiento y responsabilidad individual, así como el desarrollo de la reflexión, el pensamiento, el criterio propio y la consolidación de conocimientos.

4.1 Ejemplos de los años académicos 2023-24 y 2024-25

La siguiente tabla 5 muestra el número de matriculados en cada curso académico y el número de suspensos por año.

Tabla 5. Matriculados y suspensos en los dos últimos años académicos

Año	Matriculados	Suspensos
2023-2024	32	3
2024-2025	39	1

El número de matriculados durante años anteriores suele encontrarse en estos rangos. Aunque el grado permite el acceso de 60 matriculados al inicio del primer curso, no todos consiguen llegar hasta tercero, por lo que los alumnos que ya se encuentran en tercero, por lo general, finalizarán el grado en los próximos años.

Como se observa, además, el porcentaje de suspensos en dicha asignatura es inferior al 10%, y debido principalmente a los exámenes, debido a la nota mínima que deben sobrepasar. En pocos casos, se observan

suspensos debido a que la media global entre trabajos y exámenes quede por debajo de 5, salvo perfiles concretos de alumnos que no entregan trabajos o no asisten a clase más que a los exámenes.

En la figura 1 se muestran las calificaciones del alumnado obtenidas en estos dos años, según trabajos individuales o grupales (donde: 0 a 4,9 suspenso; 5 a 6,9 aprobado; 7 a 8,9 notable; 9 a 10 sobresaliente).

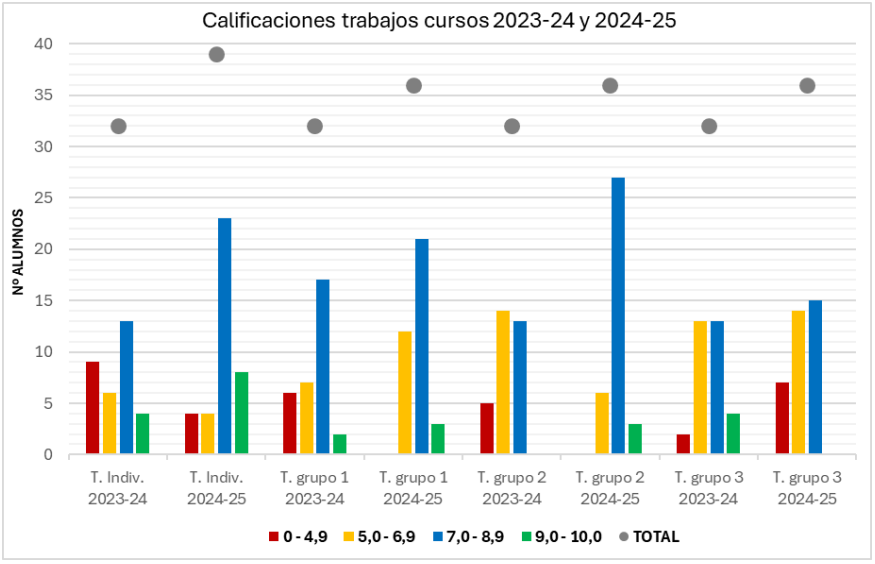


Figura 1. Calificaciones de las actividades realizadas con APB+BIM.

Los trabajos grupales se realizan en grupos de no más de tres integrantes. Por lo general, como se muestra en la tabla 6, el número de integrantes del grupo se realiza por afinidad, siendo 2 o 3 integrantes, y nunca se encuentra un grupo de un integrante, debido a la elevada carga de trabajo total. En años anteriores, se repite dicha situación mostrada en la tabla 6.

Tabla 6. N.º integrantes trabajos grupales.

Año	Matriculados	Grupos 3 integrantes	Grupos 2 integrantes
2023-2024	32	6	7
2024-2025	39	13	0

Para mayor comprensión de las actividades realizadas con el software Revit, se muestran ejemplos de modelos de información tanto de las actividades individuales como grupales de cada uno de los cursos (figuras 2-5).

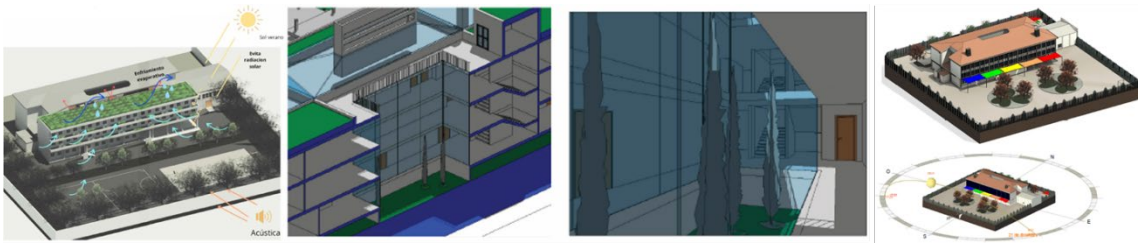


Figura 2. Modelo Revit en actividades grupales año académico 2023-24.

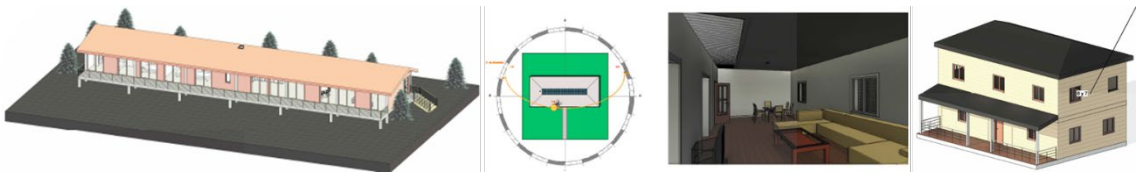


Figura 3. Modelo Revit en actividades individuales año académico 2023-24.



Figura 4. Modelo Revit en actividades grupales año académico 2024-25.

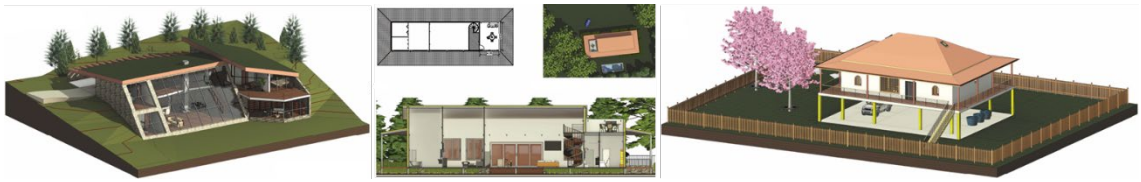


Figura 5. Modelo Revit en actividades individuales año académico 2024-25.

Por último, la tabla 7 refleja la satisfacción del alumnado con respecto a aquellos factores que influyen en las actividades desarrolladas. Por lo general, los alumnos muestran su contento con la asignatura, incluso la importancia de que fuera una asignatura de 6 créditos, por lo que advierten de la gran carga de trabajo para una asignatura de 3 créditos.

Tabla 7. Calificación media tarea docente.

Año	Matriculados
2023-2024	8,2
2024-2025	9,4

5. CONCLUSIONES

El empleo del software Revit para la resolución tanto de las prácticas individuales como grupales de la asignatura de Sostenibilidad representa un desafío para la mayoría del alumnado, observándose, sobre todo, en las actividades individuales debido a la elevada carga de trabajo que deben realizar por cuenta propia, sin contar con el apoyo de 1 o 2 compañeros más. Sin embargo, es la primera vez que la mayoría conocer el software Revit, los alumnos se sienten interesados por conocer la aplicación de este programa para posteriores asignaturas y su propio uso personal y posterior uso profesional.

Se observa, además que la capacidad de los alumnos por lograr los objetivos y las competencias de los trabajos es cada vez más satisfactoria, obteniendo unos trabajos muy completos. Las habilidades que adquieren para posteriores asignaturas y en su vida profesional se ve reflejada, además de ser una forma muy adecuada de comprender el edificio y observarlo en 3D, que es más visual y comprensible para quienes todavía no han iniciado trabajos en edificación fuera de la universidad.

Además del levantamiento en Revit, consolidan en el modelo las estrategias adecuadas para realizar un edificio sostenible: pasivas, ubicación, localización, soleamiento, empleo de materiales, etc.

Sin embargo, se debe resaltar que la carga de trabajo de estas actividades es elevada y se observa en las encuestas y opiniones del alumnado, comprendiendo la importancia que alberga la metodología BIM para la ABP. Por ello, una línea de mejora es la implantación de la metodología BIM+ABP sin suponer un carga elevada de trabajo con el consiguiente descontento del alumnado.

En líneas futuras, viendo el papel primordial de la sostenibilidad en la construcción/edificación, puede ser interesante que esta asignatura pueda pasar a tener más horas de clase (6 créditos).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ArchDaily. 2017. ¿Qué es BIM y por qué parece ser fundamental en el diseño arquitectónico actual? https://www.archdaily.cl/cl/887546/que-es-bim-y-por-que-es-fundamental-en-el-diseno-arquitectonico-actual

Bernadete Barison, M.; Toledo Santos, E. 2010. "BIM teaching strategies: an overview of the current approaches". *Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/proceedings/pdf/pf289.pdf

Clevenger, C.; Scott G.; Lopez del Puerto, C. 2012. "Interoperable Learning Leveraging Building Information Modeling (BIM) in Construction Education." International Journal of Construction Education and Research. https://doi.org/10.1080/15578771.2011.647249

Echeverri, S.; Obando, D. (2024). Revisión bibliográfica del impacto de la tecnología BIM en la construcción de viviendas en Colombia. Universidad de Antioquia. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/40432/1/EcheverriSantiago_ObandoDaniel_2024_RevisionBibliograficaVivienda.pdf

El País. 2025. Arquitectura de vanguardia y clásica en tiempos digitales. https://elpais.com/extra/infraestructuras/2025-02-23/arquitectura-de-vanguardia-y-clasica-en-tiempos-digitales.html

Forsythe, Perry, Julie Jupp, Anil Sawhney. 2013. "Building Information Modelling in Tertiary Construction Project Management Education: A Programme-Wide Implementation Strategy." Journal for Education in the Built Environment 8 (1): 16–34. https://doi.org/10.11120/jebe.2013.00003

Gonsalves López, Jordi; Murad Mateu, Malek; Cerdán Castillo, Alberto; Fuentes Giner, Begoña; Hayas López, Rafael; López García, Juan; Zuñeda Ruiz, Paula Patricia. 2016. "BIM En 8 Puntos." https://cibim.transportes.gob.es/recursos_cbim/bb_gt2_personas_sg_2.1_difusion.pdf

Hormigos Jiménez, Susana; Horrach Sastre, Gabriel; Carmona Gómez, Cristian; Muñoz Gomila, Joan; Masdeu Mayans, Francesc. 2021. "Aprendizaje Del Proceso Constructivo, Basado En Proyectos, Mediante El Empleo de BIM", 1-15. https://doi.org/10.4995/EDIFICATE2021.2021.13325

Hormigos Jiménez, Susana; Horrach Sastre, Gabriel; Carmona Gómez, Cristian; Muñoz Gomila, Joan; Masdeu Mayans, Francesc. 2023. "Teaching passive design strategies and sustainability in construction by using BIM and project-based learning", 195-204. https://editorial.ugr.es/libro/edificate-2023-proceedings-books_139456/

Ingeoexpert (s.f). ¿Qué es la metodología BIM y qué beneficios aporta? https://ingeoexpert.com/articulo/que-es-el-bim-y-a-que-se-debe-su-importancia/

Leite, Fernanda. 2016. "Project-Based Learning in a Building Information Modeling for Construction Management Course." Journal of Information Technology in Construction 21 (April): 164-76 https://www.researchgate.net/publication/309407670_Project-based_learning_in_a_building_information_modeling_for_construction_management_course

Leon, I.A.; Sagarna, M.A.; Mora, F.A.; Marieta, C.B.; Otaduy, J.A. 2016. "El empleo de la tecnología BIM en la docencia vinculada a la Arquitectura. Aprendizaje cooperativo y colaborativo basado en Proyectos reales entre diferentes asignaturas". IV Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'16), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, 20 y 21 de octubre de 2016. 191-197. http://hdl.handle.net/2117/98260

Leon-Cascante, Iñigo; Uranga-Santamaria, Eneko Jokin; Rodriguez-Oyarbide, Itziar; Alberdi-Sarraoa, Aniceto. 2021. "Implementación de la Metodología BIM en el Grado en Fundamentos de Arquitectura". IX Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'21), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, 11 y 12 de noviembre de 2021. 476-490. http://hdl.handle.net/2117/356090

Maida, Carl A. 2011. "Project-Based Learning: A Critical Pedagogy for the Twenty-First Century." Policy Futures in Education 9 (6): 759-768. https://doi.org/10.2304/pfie.2011.9.6.759

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. 2023. "Comisión BIM." https://Cbim.Mitma.Es/Comision-Bim, last accessed 2023/03/21

Oliver Faubel, Inamculada. 2016. "Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta." [Tesis doctoral]. Universitat Politècnica de València. https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/61294

Pérez-Sanchez, Juan C.; Mora-García, Raúl T.; Pérez-Sánchez, Vicente R.; Piedecausa-García, Beatriz. 2017. "From CAD to BIM: A new way to understand Architecture". WIT Transactions on The Built Environment. 45-54. https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-the-built-environment/169/36058

Piedecausa-García, B.; Pérez-Sánchez, V. R.; Mora-García, R.T.; Pérez-Sánchez, J.C. 2017. "Empleo de metodologías BIM en asignaturas de Construcción del Grado en Arquitectura Técnica". EUBIM. Congreso internacional BIM, Valencia. 53-63. https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/71651

Revista TEC Marcha. (2023). Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/6860

Roig-Vila, Rosabel. 2017. "Investigación en docencia universitaria. Diseñando el futuro a partir de la innovación educativa". Barcelona: Octaedro. 367-377. http://hdl.handle.net/10045/71141

Roig-Vila, Rosabel. 2018. Memorias del Programa de Redes-I3CE de calidad, innovación e investigación en docencia universitaria. Convocatoria 2017-18 = Memòries del Programa de Xarxes-I3CE de qualitat, innovació i investigació en docència universitària. Convocatòria 2017-18. Alicante: Universidad de Alicante, Instituto de Ciencias de la Educación (ICE). 3111 p. http://hdl.handle.net/10045/85067

Šadauskienė, Jolanta; Pupeikis, Darius. 2018. "Review of BIM Implementation in Higher Education". Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering, 1(22): 99-109. https://doi.org/10.5755/j01.sace.22.1.21116

Salanova Serrano, José Ángel; 2016. "Proceso de implantación de la metodología BIM en la Escuela Politécnica de la Almunia de Doña Godina". CONTART. https://www.riarte.es/handle/20.500.12251/334

Tsai, M. H., Chen, K. L., & Chang, Y. L. (2019). Development of a project-based online course for BIM learning. *Sustainability*, 11(20), 5772. https://doi.org/10.3390/su11205772

Wang, Li, and Fernanda Leite. 2014. "Process-Oriented Approach of Teaching Building Information Modeling in Construction Management." *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* 140 (4): 04014004. https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000203

Wu, W., & Luo, Y. V. (2016). Pedagogy and assessment of student learning in BIM and sustainable design and construction. *Journal of Information Technology in Construction* (ITcon), 21(15), 218-232. http://www.itcon.org/2016/15

DEL IMPACTO VISUAL AL APRENDIZAJE PROFUNDO: TECNOLOGÍAS INMERSIVAS EN LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCIÓN

FROM VISUAL IMPACT TO MEANINGFUL LEARNING: IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION EDUCATION

Carla de-Juan-Ripoll[(1)], Pablo Palmero Sánchez[(2)], Luis Palmero Iglesias[(3)]

[1] Universitat Politècnica de València – Dpto. Construcciones Arquitectónicas, Valencia, España, cardejua@csa.upv.es
[2] Universitat Politècnica de València – Dpto. Construcciones Arquitectónicas, Valencia, España, pabpalsn@alumni.upv.es
[3] Universitat Politècnica de València – Dpto. Construcciones Arquitectónicas, Valencia, España, lpalmero@csa.upv.es

RESUMEN

En los últimos años, la Realidad Virtual, la Realidad Aumentada y la Realidad Mixta —conocidas colectivamente como tecnologías inmersivas— han alcanzado un grado de desarrollo que permite su incorporación en entornos educativos con mayor accesibilidad y viabilidad técnica. Sin embargo, su aplicación en la enseñanza universitaria, y en particular en los estudios de Arquitectura Técnica e Ingeniería de Edificación, sigue respondiendo en muchos casos a un uso superficial o desvinculado de los fines pedagógicos. Esta aportación plantea una reflexión crítica y teórica sobre su uso, defendiendo que la tecnología debe entenderse como un recurso al servicio del aprendizaje y no como un objetivo en sí mismo. Desde un enfoque holístico, se abordan los fundamentos conceptuales de estas tecnologías como entornos de aprendizaje inmersivos, destacando las diferencias y puntos de encuentro entre sus distintas modalidades. Se revisan aportaciones clave desde la neurociencia y la psicología del aprendizaje, especialmente aquellas centradas en la activación emocional, la percepción del espacio, la simulación mental y la cognición situada, para explicar cómo estas experiencias generan una elevada sensación de presencia, favoreciendo un aprendizaje más profundo y significativo. A continuación, se propone su aplicación en asignaturas del área de Construcción, caracterizadas por una alta carga visual y espacial, y se presentan distintos ejemplos de uso con potencial educativo: desde visitas virtuales a obras hasta la visualización de sistemas constructivos y modelos digitales colaborativos, incluso desde las fases iniciales del proceso formativo del alumnado. El trabajo concluye con un marco de buenas prácticas que orienta al profesorado en la integración crítica y pedagógica de estas tecnologías, siendo esta una llamada a la integración crítica y reflexiva de estas herramientas, apostando por la formación docente como elemento clave para diseñar experiencias de aprendizaje transformadoras que aprovechen verdaderamente el potencial de estas tecnologías.

Palabras clave: *Tecnologías inmersivas; Aprendizaje experiencial; Realidad virtual; Realidad aumentada; Realidad mixta*

ABSTRACT

In recent years, Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality—collectively referred to as immersive technologies—have reached a level of maturity that enables their integration into educational environments with greater accessibility and technical feasibility. However, their implementation in higher education, particularly in the fields of Building Engineering and Architectural Technology, often remains superficial or disconnected from pedagogical objectives. This contribution offers a critical and theoretical reflection on their use, arguing that technology should be understood as a tool in the service of learning, rather than an end in itself. Adopting a holistic perspective, the paper addresses the conceptual foundations of these technologies as immersive learning environments, highlighting the distinctions and synergies between their various modalities. Key contributions from neuroscience and learning psychology are reviewed, especially those focusing on emotional activation, spatial perception, mental simulation, and situated cognition, in order

to explain how these experiences generate a high sense of presence and foster deeper, more meaningful learning. The paper then explores their application in Construction-related subjects, which are characterized by a strong visual and spatial component. Several use cases with educational potential are presented, ranging from virtual site visits to the visualization of construction systems and collaborative digital models, even from the earliest stages of students' learning paths. The study concludes with a framework of best practices that guides educators in the critical and pedagogical integration of these technologies. This constitutes a call for their thoughtful and reflective incorporation, emphasizing the importance of teacher training as a key element in designing transformative learning experiences that truly harness the potential of immersive technologies.

Keywords: *Immersive technologies; Experiential learning; Virtual reality; Augmented reality; Mixed reality*

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las tecnologías inmersivas —Realidad Virtual (RV), Realidad Aumentada (RA) y Realidad Mixta (RM)— han alcanzado un grado de desarrollo y accesibilidad que permite su integración en entornos educativos de manera cada vez más viable. Este avance ha generado un creciente interés en el ámbito universitario, debido a su capacidad para facilitar experiencias de aprendizaje más visuales, interactivas y situadas (Dede, 2009).

No obstante, su aplicación en contextos de enseñanza superior, y en particular en titulaciones como Arquitectura Técnica o Ingeniería de Edificación, sigue adoleciendo en muchos casos de una integración pedagógica sólida. Estas herramientas se utilizan a menudo con un enfoque superficial o como elementos de impacto, sin una reflexión crítica sobre su alineación con los objetivos de aprendizaje (Selwyn, 2016). Esta falta de conexión con los principios pedagógicos limita su efectividad y dificulta la evaluación real de sus beneficios.

Las tecnologías inmersivas, sin embargo, ofrecen un potencial educativo considerable cuando se diseñan como entornos que estimulan la percepción activa, la cognición situada y la participación emocional. Investigaciones recientes han señalado su valor para promover el aprendizaje experiencial y facilitar la comprensión de contenidos complejos, especialmente en áreas que requieren una elevada competencia visual y espacial (Radianti et al., 2020). Elementos como la simulación mental, la interacción tridimensional o la activación de mecanismos sensoriomotores permiten crear entornos altamente significativos desde el punto de vista cognitivo (Parsons & Gagg, 2006).

Uno de los conceptos clave para entender su eficacia es el de "presencia", definido como la sensación subjetiva de estar físicamente presente en un entorno virtual (Slater & Wilbur, 1997; Lombard & Ditton, 1997). Esta sensación potencia la implicación emocional y favorece procesos de aprendizaje más profundos, especialmente cuando se vincula a objetivos formativos bien definidos.

Partiendo de esta base, este trabajo plantea que el uso de tecnologías inmersivas debe guiarse por principios pedagógicos y no por el atractivo de la novedad tecnológica. Se propone una mirada crítica y fundamentada que permita a docentes y diseñadores educativos aprovechar verdaderamente el potencial de estas herramientas, en especial en ámbitos como la Construcción, donde la comprensión espacial y visual es clave para el aprendizaje.

2. OBJETIVOS

El objetivo general del presente artículo se basa en el análisis del potencial pedagógico de las tecnologías inmersivas en la enseñanza universitaria del área de Construcción, valorando su capacidad para mejorar la comprensión espacial, fomentar el aprendizaje activo y contribuir al desarrollo de competencias profesionales. Los objetivos específicos de este trabajo son los siguientes:

i. Identificar las principales aplicaciones de las tecnologías inmersivas en la enseñanza de la construcción y su impacto en el proceso de aprendizaje.
ii. Examinar los beneficios cognitivos y didácticos asociados a la utilización de estas tecnologías en contextos educativos.
iii. Proponer estrategias de integración didáctica que potencien el uso crítico y reflexivo de la realidad virtual, aumentada y mixta en las aulas universitarias.
iv. Analizar casos prácticos y experiencias docentes relevantes en el ámbito de la construcción.

v. Reflexionar sobre las limitaciones, retos y perspectivas futuras del uso de tecnologías inmersivas en la formación técnica.

3. TECNOLOGÍAS INMERSIVAS COMO ENTORNOS DE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVOS

Las tecnologías inmersivas están transformando la forma en que se diseña y experimenta el aprendizaje en contextos universitarios. En términos generales, pueden definirse como sistemas interactivos que permiten al usuario experimentar entornos simulados o ampliados, favoreciendo una implicación cognitiva, emocional y sensorial elevada (Milgram & Kishino, 1994; Dede, 2009). Estas tecnologías amplían el repertorio pedagógico tradicional y habilitan escenarios que potencian la exploración activa, la toma de decisiones y la construcción de conocimiento en contextos simulados o contextualizados.

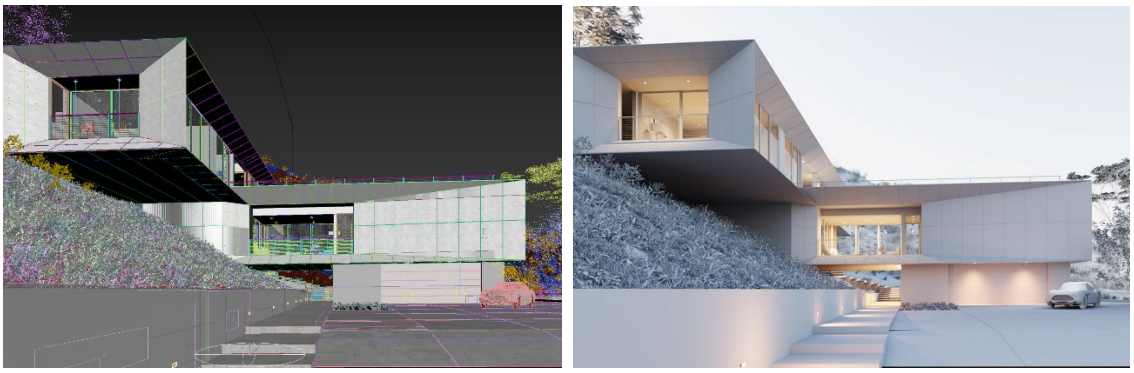


Figura 1 y 2. Fases de modelado entornos virtuales para la integración en experiencias inmersivas (Autoría propia)

Desde un punto de vista funcional, la RV sitúa al usuario en un entorno completamente digital, aislado del mundo físico, en el que puede interactuar mediante dispositivos como visores o controladores hápticos (Slater & Wilbur, 1997). La RA, en cambio, superpone información digital sobre el entorno real, permitiendo mantener el anclaje espacial y contextual mientras se accede a capas de información aumentada (Azuma, 1997). Finalmente, la RM integra elementos físicos y virtuales en un mismo espacio, haciendo posible la interacción simultánea y bidireccional entre ambos mundos (Milgram & Kishino, 1994). Estas tres modalidades configuran un continuo de virtualidad, en el que varía el grado de inmersión, interacción y dependencia del entorno físico.

Más allá de sus diferencias técnicas, todas comparten un rasgo fundamental desde el punto de vista educativo: su capacidad para generar entornos que facilitan el aprendizaje experiencial. Tal como señala Shute et al. (2015), los entornos virtuales bien diseñados pueden fomentar la transferencia de conocimiento y habilidades a situaciones reales, gracias a su capacidad para representar problemas complejos de manera manipulable, emocionalmente implicada y contextualmente rica. Esto resulta especialmente relevante en disciplinas con una fuerte carga visual y espacial, como la Arquitectura Técnica, donde comprender sistemas constructivos, relaciones volumétricas y secuencias de ejecución resulta clave.



Figura 3. Generación de entorno realista dentro del motor de Realidad Virtual Unreal Engine (Autoría propia)

El aprendizaje experiencial, en este contexto, se define como aquel que se construye a partir de la interacción directa con los contenidos en entornos verosímiles. Las tecnologías inmersivas permiten al estudiante explorar, ensayar, equivocarse y volver a intentar en un espacio seguro y controlado. Como subraya Dalgarno & Lee (2010), estos entornos fomentan la autonomía del alumnado y favorecen el aprendizaje activo y autorregulado.

Este tipo de experiencias se apoya, además, en procesos neurocognitivos ampliamente validados. La activación de mecanismos como la simulación mental, la percepción espacial, la cognición situada y la activación emocional está directamente relacionada con la mejora de la comprensión, la retención y la transferencia del conocimiento (Parsons & Gagg, 2006; Immordino-Yang & Damasio, 2007). En concreto, el enfoque de la cognición situada plantea que el conocimiento se asimila de forma más eficaz cuando está anclado en un contexto significativo y accionable (Brown, Collins & Duguid, 1989).

Un elemento central en la eficacia de estas tecnologías es el concepto de presencia, definido como la sensación subjetiva de "estar físicamente presente" en el entorno virtual o aumentado (Slater & Wilbur, 1997; Lombard & Ditton, 1997). Este factor es clave porque incrementa el grado de implicación emocional, la atención sostenida y la conexión sensorial con el contenido. Según Mariano Alcañiz (2003), "la presencia es el componente psicológico esencial que distingue una experiencia inmersiva de cualquier otra forma de interacción digital, y su impacto en la experiencia subjetiva del aprendizaje es decisivo". La presencia actúa, por tanto, como mediador entre la percepción sensorial y la construcción cognitiva, elevando la profundidad del aprendizaje cuando se integra en experiencias diseñadas con criterio educativo.

A todo ello se suma la dimensión motivacional. Las experiencias inmersivas bien construidas favorecen el *engagement*, es decir, la implicación activa, sostenida y emocional del estudiante. Este aspecto es especialmente valioso en las etapas iniciales de formación universitaria, donde la motivación intrínseca resulta determinante para el éxito académico. Radianti et al. (2020) y Freina & Ott (2015) destacan que el uso de tecnologías inmersivas incrementa tanto la satisfacción como la persistencia del alumnado, generando contextos de aprendizaje más atractivos, pero también más efectivos.

Por lo tanto, las tecnologías inmersivas, cuando se diseñan con base en principios pedagógicos sólidos, permiten articular entornos que no solo representan el conocimiento, sino que lo activan, lo contextualizan y lo hacen experiencial. El reto, sin embargo, no reside en la tecnología en sí, sino en su integración significativa dentro de procesos de enseñanza y aprendizaje que reconozcan el valor de la exploración, la emoción y la experiencia como motores del conocimiento.

4. PROPUESTA DE APLICACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE ASIGNATURAS DE CONSTRUCCIÓN

En los estudios de Arquitectura Técnica e Ingeniería de Edificación, las asignaturas del área de Construcción presentan una complejidad particular derivada de la combinación entre conocimientos técnicos, representación gráfica y comprensión espacial. La capacidad para analizar sistemas constructivos, interpretar soluciones técnicas y visualizar tridimensionalmente los elementos y procesos que configuran un edificio es clave en los primeros años de formación del alumnado.

Tradicionalmente, estos aprendizajes se han transmitido mediante esquemas bidimensionales, maquetas físicas o visitas a obra, recursos todos ellos valiosos pero que presentan limitaciones en cuanto a disponibilidad, escalabilidad, capacidad de exploración libre y conexión entre teoría y práctica. En este sentido, las tecnologías inmersivas ofrecen una vía alternativa para reforzar y expandir estos recursos, permitiendo al estudiante observar, manipular y recorrer entornos constructivos complejos de manera segura, accesible y personalizada. Un punto característico e innovador de esta nueva propuesta de enseñanza es las técnicas relacionadas con las técnicas vernáculas de construcción, muchas de ellas ampliamente documentadas históricamente. Destacan en la arquitectura mediterránea los sistemas de construcción de la piedra en seco o las bóvedas tabicadas, favoreciendo de manera directa a la transmisión de saberes constructivos no fácilmente accesibles.

La RV, por ejemplo, permite realizar recorridos simulados por edificios en construcción, donde el alumnado puede observar detalles técnicos, secuencias de ejecución y soluciones constructivas desde una perspectiva inmersiva. Este tipo de experiencia favorece la consolidación de aprendizajes espaciales y temporales, facilitando la comprensión de cómo los distintos elementos constructivos interactúan en fases sucesivas de la obra. Esta tipología de experiencia se basa en un "*role playing"* dentro de unos contextos urbanos y constructivos generados íntegramente para un proyecto o una temática docente, permitiendo crear escenarios didácticos que integran narrativas históricas y constructivas dentro de un espacio arquitectónico común. Todo ello, con una finalidad tangible y clara que se resume en el desarrollo del pensamiento crítico y contextual de los estudiantes influenciados por una conexión emocional e intelectual con el entorno construido.

Por su parte, RA permite superponer información técnica sobre planos físicos, maquetas o el entorno real, generando una interacción directa entre lo abstracto y lo tangible. Esto resulta especialmente útil para el desarrollo de habilidades de diagnóstico, análisis de patologías o reconocimiento de soluciones constructivas en el contexto de visitas o talleres. Por otro lado, cabe destacar la gran versatilidad de esta técnica puesto que, en un contexto docente, permite la visualización en tiempo real de las fases constructivas sobre una maqueta física o el ensamble de sistemas constructivos virtuales desarrollado por capas diferenciadas. De esta fomenta la compresión secuencial del proceso edificatorio y supone una alineación directamente relacionada entre la teoría constructiva y la experiencia sensorial directa.

En relación con la anteriormente comentado, la simulación de interferencias y compatibilidades técnicas permite detectar conflictos entre componentes constructivos al suponer modelos BIM sobre el espacio físico. En el campo de la restauración, es una herramienta capaz de acercar a los estudiantes a supuestos constructivos que, de forma física, supone un esfuerzo añadido debido a la complejidad de las intervenciones en grandes espacios patrimoniales. Se debe destacar en este campo el aprendizaje de patologías y sus técnicas de restauración convirtiéndose en un apoyo docente importante suponiendo el enlace entre la teoría patológica y las soluciones reales.

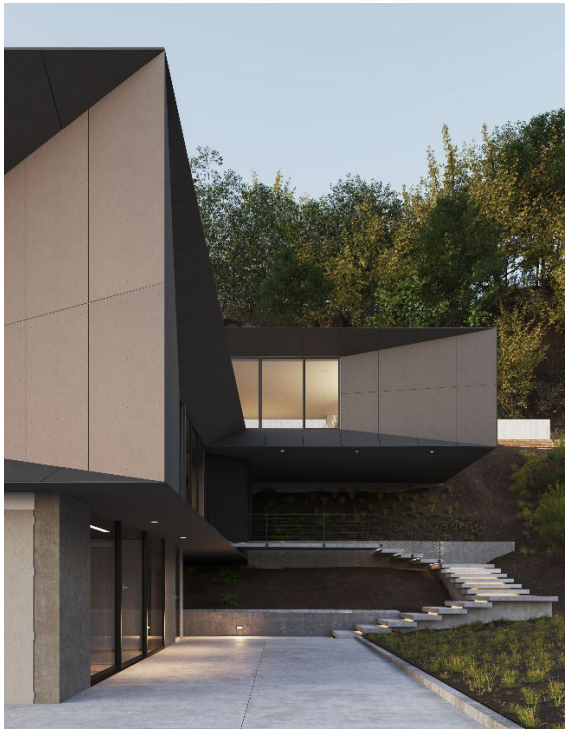



Figura 4 y 5. Interrelación constructiva de la materialidad del proyecto (Autoría propia)

La RM, más reciente y aún en fase de expansión tecnológica, posibilita la colaboración en entornos tridimensionales compartidos, lo que representa un avance significativo en el desarrollo de competencias como el trabajo en equipo, la resolución conjunta de problemas o la revisión de modelos digitales en tiempo real. Además, permite conectar el contenido técnico con situaciones prácticas de forma más dinámica e interactiva. Esta técnica digital consiste en la integración bidireccional de entornos físicos y reales en tiempo real, donde ambos espacios coexisten e interactúan dinámicamente. Debido a la interacción directa en tiempo real es de gran utilidad docente en el campo del cálculo de estructuras puesto que permite estudiar y predecir el comportamiento de las fábricas o cubiertas mediante el movimiento de un componente físico del conjunto. Una técnica innovadora y con gran proyección es la relacionada con la realidad mixta y la docencia colaborativa, en la cual se desarrollan unas correcciones colectivas que sirven como un complemento experimental e inmersivo para los estudiantes que ven reflejados las nociones teóricas en modelos virtuales pudiendo debatir y generar líneas críticas entre ellos de la idoneidad de las soluciones adoptas, fomentando el espíritu crítico en las aulas.

Diversos estudios recientes confirman el valor de estas tecnologías para mejorar la comprensión conceptual, el aprendizaje activo y la motivación del alumnado en áreas técnicas. Birt & Cowling (2018) destacan que la visualización inmersiva de elementos constructivos permite “traducir contenidos complejos en experiencias tangibles que refuerzan la conexión entre teoría y práctica”, lo que resulta especialmente relevante en los primeros cursos universitarios.

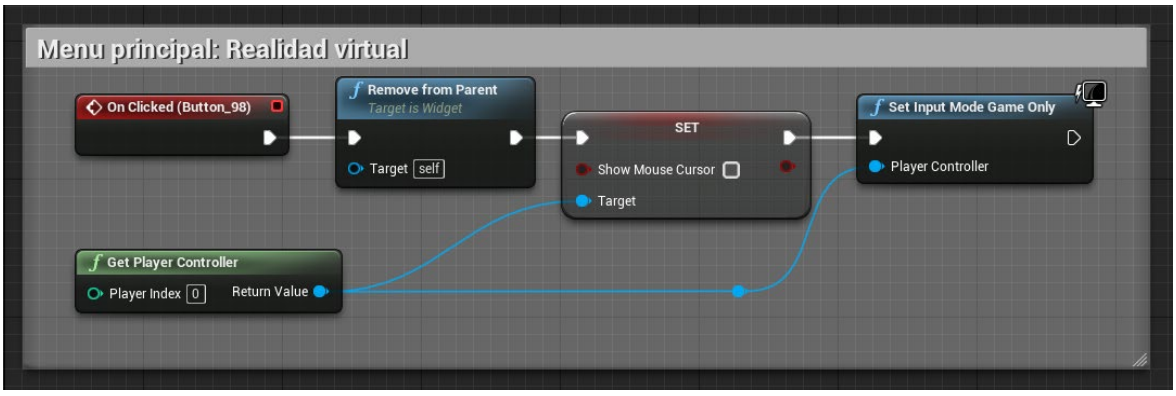


Figura 6. Programación por nodos del desarrollo de la interfaz de realidad virtual en Unreal Engine (Autoría propia)

Entre las evidencias empíricas que sustentan que las tecnologías inmersivas pueden constituir un elemento clave en el contexto de la enseñanza de Construcción, destaca el trabajo de Fonseca et al. (2014) en el que la RA se aplica al contexto educativo a través de plataformas desarrolladas para dispositivos móviles. Es de gran utilidad el funcionamiento de la RA a través de la lectura de marcadores, a destacar los códigos *"Quick Response"* (conocidos como QR, NFT u otros códigos bidimensionales) por parte de dispositivos móviles, permitiendo la integración y visualización de modelos 2D/3D superpuestos sobre el entorno real. En este estudio se destacan beneficios que aporta la RA tales como la visualización en escala real, la evaluación de impacto paisajístico, la rehabilitación virtual de edificios y la personalización de experiencias educativas, gracias a la validación de esta tecnología mediante el uso de entrevistas y cuestionarios.

Por su parte, Park et al. (2016) crearon un sistema educativo interactivo y tridimensional llamado IBAM (Interactive Building Anatomy Modeling) diseñado para mejorar la enseñanza de la construcción de edificios mediante experiencias inmersivas. Su propósito es complementar métodos de enseñanza tradicionales, como libros de texto y planos 2D, con herramientas digitales que permitan a los estudiantes aprender de forma más visual, práctica y exploratoria. El sistema IBAM se basa en tres pilares fundamentales: (1) Modelo 3D de anatomía del edificio: representación visual detallada de los componentes estructurales y arquitectónicos, incluyendo cimientos, vigas, columnas, techos y acabados; (2) Interacción basada en secuencias constructivas: permite a los usuarios simular el proceso de construcción paso a paso, observando cómo se ensamblan los elementos del edificio en orden lógico y constructivo; (3) Interfaz educativa y accesible: la plataforma fue diseñada para ser fácil de usar, interactiva y compatible con dispositivos estándar sin requerir cascos de realidad virtual o hardware costoso. Este estudio concluye que, gracias a la plataforma desarrollada se genera un aprendizaje experiencial en el que los estudiantes pueden "construir" un edificio virtualmente, mejorando en la comprensión espacial. La visualización 3D facilita el entendimiento de la posición y función de cada componente en el contexto del conjunto. Se constata el incremento en la participación y motivación, se puede argumentar que la interactividad promueve un mayor interés por parte de los alumnos, en comparación con métodos tradicionales. Esto conlleva a una mayor flexibilidad pedagógica donde los instructores pueden adaptar el contenido y el ritmo de las simulaciones según las necesidades del curso.

Por último, cabe mencionar el trabajo de Vasilevski et al. (2020), en el que se estudia la adaptación de la educación tradicional al nuevo paradigma digital dominado por flujos de trabajo BIM y tecnologías inmersivas en RM. Se establece como conclusión de este estudio que la RM aplicada a la formación en arquitectura y construcción ofrece un entorno de aprendizaje enriquecido, que favorece la comprensión profunda, la motivación y el aprendizaje de los estudiantes. Los resultados sugieren que las tecnologías inmersivas permiten experimentar el espacio antes de construirlo, colaborar de manera virtual pero efectiva y desarrollar pensamiento estratégico desde una perspectiva visual e interactiva.

La Tabla 1 sintetiza las principales características de estas tecnologías y sus aplicaciones en el ámbito de la Construcción:

Tabla 1. Principales características de las tecnologías inmersivas y sus aplicaciones en el ámbito de la Construcción

Tipo de tecnología	Nivel de inmersión	Recursos necesarios	Aplicaciones didácticas relevantes	Ejemplo ilustrativo
Realidad Virtual (RV)	Alto	Visor VR, entorno digital simulado	Modelado anatómico por componentes, materiales y sistemas constructivos, manipulación directa de componentes constructivos, Coordinación para montaje virtual por equipos.	Park et al. (2016): Modelado interactivo de la anatomía de un edificio para la enseñanza experimental de la construcción de edificios
Realidad Aumentada (RA)	Bajo - Medio	Smartphone, tablet, marcadores AR	Superposición de detalles constructivos sobre planos físicos o espacios reales; lectura aumentada de modelos; prácticas de interpretación.	Fonseca et al. (2014): uso de RA para visualizar estructuras arquitectónicas en educación técnica.
Realidad Mixta (RM)	Alto	Smartphones (Android/iOS), Gear VR, tablets para AR	Recorridos virtuales por modelos BIM; Simulación de fases del proyecto, RM aplicada a recorridos de arquitectura histórica	Vasilevski et al. ,2020: Análisis de las experiencias de los estudiantes de construcción con la realidad mixta móvil.

Para garantizar una integración crítica, eficaz y pedagógicamente significativa de las tecnologías inmersivas en el aula, no basta con disponer de los recursos técnicos: es necesario contar con un marco metodológico claro que oriente su uso hacia fines educativos concretos. Diversos autores coinciden en que el potencial transformador de estas herramientas solo se materializa cuando su implementación se alinea con principios de diseño instruccional sólidos, sensibles tanto al contenido como a las necesidades del alumnado (Shute & Ke, 2012; Dede, 2009).

En este sentido, se proponen una serie de buenas prácticas que pueden servir como guía para el profesorado interesado en incorporar tecnologías inmersivas en el ámbito de la enseñanza de la Construcción y otras disciplinas técnicas:

(i) Alinear su uso con los objetivos de aprendizaje específicos de cada unidad didáctica, asegurando que cada experiencia inmersiva responde a una competencia concreta y no se introduce como elemento decorativo o motivacional sin propósito formativo.
(ii) Integrarlas como complemento o refuerzo de metodologías tradicionales, en lugar de reemplazarlas por completo. La enseñanza eficaz se construye sobre la combinación de enfoques, y la tecnología debe potenciar, no sustituir, los fundamentos pedagógicos existentes (Shute & Ke, 2012).
(iii) Fomentar experiencias activas y autónomas, que promuevan la exploración libre, la toma de decisiones y la reflexión crítica. Las tecnologías inmersivas deben usarse para empoderar al estudiante como agente de su propio aprendizaje, no como espectador pasivo de entornos digitales.
(iv) Evaluar su impacto más allá de la novedad o el atractivo, considerando indicadores relacionados con la comprensión conceptual, la retención de información y la transferencia a contextos reales o profesionales (Radianti et al., 2020). Una experiencia puede ser visualmente atractiva y aún así ineficaz desde el punto de vista educativo.
(v) Formar al profesorado en el diseño y uso pedagógico de estos entornos, no solo en su manejo técnico. Tal como señala Alcañiz (2003), “el éxito de una experiencia inmersiva depende menos de la tecnología empleada que del objetivo con el que se diseña”, lo que subraya la necesidad de una estrategia institucional que combine capacitación docente, innovación metodológica y colaboración interdisciplinar.

Más allá del diseño didáctico puntual, resulta imprescindible reflexionar sobre la escalabilidad y sostenibilidad del uso de tecnologías inmersivas en la enseñanza universitaria. Aunque muchos de los ejemplos descritos muestran un alto potencial educativo, su aplicación generalizada sigue condicionada por factores como la inversión inicial en equipamiento, la necesidad de personal técnico de apoyo, o la falta de contenidos específicos adaptados al currículum de Arquitectura Técnica. En este sentido, la literatura apunta a que muchas experiencias inmersivas en entornos universitarios se limitan a proyectos piloto o asignaturas aisladas, sin una verdadera proyección institucional.

Para garantizar su sostenibilidad a medio y largo plazo, es necesario avanzar hacia modelos integrados de innovación docente, en los que estas tecnologías se incorporen de forma transversal, vinculadas a planes de formación docente, estrategias de evaluación y alianzas con actores externos (por ejemplo, estudios de arquitectura, empresas BIM, u organismos colegiales). Solo así será posible consolidar un ecosistema educativo en el que las tecnologías inmersivas no sean una excepción costosa o experimental, sino un recurso pedagógico asumido y replicable en distintos contextos formativos.



Figura 7. Entornos virtuales para desarrollo docente (Fuente: www.unsplash.com)

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El uso de tecnologías inmersivas en educación universitaria representa una oportunidad transformadora, especialmente en disciplinas con un fuerte componente visual, técnico y espacial como la Construcción. No obstante, su integración no está exenta de riesgos ni de desafíos. Uno de los principales peligros identificados es el uso acrítico o superficial de estas herramientas, basado en el atractivo visual o en la novedad tecnológica —lo que se ha denominado el "efecto wow"— sin una verdadera conexión con los objetivos pedagógicos (Selwyn, 2016).

Este enfoque instrumentalista, centrado en la herramienta y no en el aprendizaje, puede generar experiencias impresionantes pero vacías de significado. Para que estas tecnologías contribuyan realmente a un aprendizaje profundo y significativo, es imprescindible diseñar experiencias que activen procesos cognitivos clave como la percepción espacial, la simulación mental, la cognición situada o la implicación emocional del estudiante (Immordino-Yang & Damasio, 2007; Brown, Collins & Duguid, 1989). Tal como señala Dede (2009), el valor de los entornos inmersivos no reside en su sofisticación técnica, sino en su capacidad para apoyar nuevas formas de pensar y comprender el mundo.

En este sentido, la formación docente emerge como un factor determinante. Integrar tecnologías inmersivas en el aula requiere no solo competencias técnicas, sino también una comprensión profunda de los procesos de aprendizaje y de las metodologías activas que las sustentan. Es necesario formar al profesorado en el diseño instruccional de experiencias inmersivas, así como en la evaluación de su impacto más allá de indicadores de uso o aceptación. La tecnología, por sí sola, no mejora la enseñanza: lo hace la enseñanza que sabe utilizarla con sentido.

Por otro lado, la revisión de la literatura indica una escasez de evaluaciones rigurosas que analicen los efectos reales del uso de estas tecnologías en términos de aprendizaje, transferencia y retención del conocimiento (Radianti et al., 2020). Se necesitan más estudios que comparen resultados entre grupos de control, que incorporen análisis cualitativos de la experiencia del estudiante y que definan métricas sólidas para valorar la eficacia de estas herramientas desde una perspectiva pedagógica.

En conclusión, las tecnologías inmersivas no deben concebirse como un fin en sí mismas, sino como un medio potente que, bien utilizado, puede transformar la experiencia de aprendizaje. En el ámbito de la Construcción, su potencial es especialmente elevado, al ofrecer entornos de exploración y visualización que permiten al alumnado enfrentarse a la complejidad del entorno edificado desde fases muy tempranas de su formación. No obstante, para que ese potencial se materialice, es necesario contar con una estrategia

educativa clara, una formación docente adecuada y una reflexión constante sobre su uso, orientada siempre a mejorar la calidad del aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcañiz, M. (2003). Realidad virtual y educación: principios y aplicaciones. Comunicar, 21, 145–152.

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *In Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355

Birt, J. & Cowling, M. (2018). Toward future 'mixed reality' learning spaces: Designing for blended reality with immersive learning environments. *Journal of Information Technology Education: Research*, 17, 165–178.

Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42. https://doi.org/10.3102/0013189X018001032

Dalgarno, B. & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32. https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x

Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323(5910), 66–69. https://doi.org/10.1126/science.1167311

Freina, L. & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. *Proceedings of the International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, 1, 133–141. https://doi.org/10.12753/2066-026X-15-020

Fonseca, D., Redondo, E., Navarro, I. & Sánchez, A. (2014). Using Augmented Reality and Education Techniques in Engineering. *Computers & Education*, 68, 1–10.

Immordino-Yang, M. H. & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3–10. https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x

Lombard, M. & Ditton, T. (1997). At the heart of it all: The concept of presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2). https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x

Milgram, P. & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12), 1321–1329. https://cs.gmu.edu/~zduric/cs499/Readings/r76JBo-Milgram_IEICE_1994.pdf

Park, C. S., Le, Q. T., Pedro, A., & Lim, C. R. (2016). Interactive building anatomy modeling for experiential building construction education. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 142(3), 04015019. https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000268

Parsons, S. & Gagg, K. (2006). Using virtual reality in psychological research. *Virtual Reality*, 10(3–4), 263–276.

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J. & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778

Selwyn, N. (2016). Education and Technology: Key Issues and Debates (2nd ed.). *London: Bloomsbury Academic*. https://doi.org/10.1007/s11159-022-09971-9

Shute, V. J. & Ke, F. (2012). Games, learning, and assessment. In D. Ifenthaler, D. Eseryel & X. Ge (Eds.), Assessment in Game-Based Learning: Foundations, Innovations, and Perspectives (pp. 43–58). New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3546-4_4

Shute, V. J., Ventura, M. & Kim, Y. J. (2015). Assessment and learning of qualitative physics in Newton's Playground. *The Journal of Educational Research*, 108(6), 423–430. https://doi.org/10.1080/00220671.2013.832970

Slater, M. & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603–616. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603

Vasilevski, N., & Birt, J. (2020). Analysing construction student experiences of mobile mixed reality enhanced learning in virtual and augmented reality environments. *Research in Learning Technology*, 28. https://doi.org/10.25304/rlt.v28.2329

Wang, P., Wu, P., Wang, J., Chi, H. L. & Wang, X. (2018). A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training. *Automation in Construction*, 94, 47–57. https://doi.org/10.3390/ijerph15061204

DESPERTANDO VOCACIONES INVESTIGADORAS EN ARQUITECTURA TÉCNICA: LA EXPERIENCIA DEL GRUPO "TEMA"

INSPIRING RESEARCH IN BUILDING ENGINEERING STUDENTS: THE EXPERIENCE OF "TEMA" GROUP

Paola Villoria Sáez[(1)]*, Mercedes del Río Merino[(1)], M. Alejandro Pedreño Rojas[(1)] , Jaime Santa Cruz Astorqui[(1)], César Porras Amores[(1)], Julián García Muñoz[(1)], Carolina Piña Ramírez[(1)] , Alejandra Vidales Barriguete[(1)]

[1] Grupo de Tecnología Edificatoria y Medioambiente (TEMA). Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid. Avenida Juan de Herrera, no. 6, 28040 Madrid, España. paola.villoria@upm.es

RESUMEN

Históricamente, las titulaciones técnicas, como es el caso de la Arquitectura Técnica, no han contado con una sólida tradición investigadora en el ámbito universitario. No obstante, en los últimos años se ha observado una creciente preocupación por fomentar el interés por la investigación entre los estudiantes, tanto de grado como de máster, especialmente en la Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid. Este artículo presenta el caso del grupo de investigación TEMA, que ha impulsado distintas estrategias para introducir a los alumnos en el mundo investigador. Estas acciones incluyen becas de iniciación o colaboración, participación en contratos vinculados a proyectos en curso y, en el caso de los estudiantes de máster, la realización de Trabajos Fin de Máster (TFM) orientados a líneas de investigación que, en ocasiones, derivan en tesis doctorales.

Las temáticas abordadas por el grupo TEMA son de gran relevancia para el sector de la edificación y para los retos actuales de sostenibilidad. Entre ellas destacan la economía circular aplicada a la construcción, el diseño y desarrollo de nuevos materiales ecoeficientes, la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD), la mejora de la calidad del aire interior en los edificios y la rehabilitación energética del parque edificado. Estas líneas permiten que los estudiantes participen activamente en la generación de conocimiento aplicado, combinando la formación técnica con una aproximación investigadora. La experiencia del grupo TEMA demuestra que es posible despertar vocaciones investigadoras incluso en titulaciones sin una tradición previa en este ámbito, contribuyendo tanto al desarrollo profesional del alumnado como a la innovación dentro del sector de la edificación.

Palabras clave: *Investigación Universitaria; Arquitectura Técnica; Formación Investigadora; Innovación Educativa.*

ABSTRACT

Historically, technical degrees—such as Building Engineering—have not had a strong research tradition within the university environment. However, in recent years, there has been a growing effort to promote interest in research among both undergraduate and master's students, particularly at the Escuela Técnica Superior de Edificación in Madrid. This article presents the case of the TEMA research group, which has promoted various strategies to introduce students to the world of research. These initiatives include research initiation and collaboration grants, participation in contracts linked to ongoing projects, and, in the case of master's students, the development of master's theses (TFM) aligned with research lines that, in some cases, lead to doctoral studies.

The topics addressed by the TEMA group are highly relevant to the building sector and the current challenges of sustainability. Key areas include the application of circular economy principles to construction, the design and development of new eco-efficient materials, the management of construction and demolition

waste (CDW), the improvement of indoor air quality in buildings, and the energy retrofitting of the existing building stock. These research lines allow students to actively participate in the generation of applied knowledge, combining technical training with a research-oriented approach.

The experience of the TEMA group shows that it is possible to inspire research vocations even within degrees that traditionally lack a strong research background. This contributes not only to the academic and professional development of students but also to innovation within the building sector as a whole.

Keywords: *Academic Research; Building Engineering; Research Training; Educational Innovation.*

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente, las titulaciones técnicas vinculadas a la construcción, como es el caso de la Arquitectura Técnica, han mantenido una relación distante con la investigación académica dentro del sistema universitario español. A diferencia de otras disciplinas científicas con una tradición consolidada en el desarrollo del conocimiento, los estudios de edificación se han caracterizado por un enfoque eminentemente profesionalizante, centrado en la aplicación práctica de conocimientos técnicos y en la preparación directa para el ejercicio profesional. Esta orientación, aunque útil en términos de empleabilidad, ha contribuido a una cierta desvinculación del alumnado respecto a los procesos de investigación, innovación y transferencia de conocimiento.

Sin embargo, los desafíos contemporáneos a los que se enfrenta el sector de la edificación —como la crisis climática, la escasez de recursos, la necesidad de rehabilitación del parque edificado y la urgencia de incorporar criterios de sostenibilidad en todas las fases del ciclo constructivo— exigen una respuesta desde la ciencia y la tecnología. En este nuevo contexto, se vuelve imprescindible que los futuros profesionales del sector desarrollen competencias investigadoras que les permitan no solo aplicar soluciones existentes, sino también generar nuevas propuestas basadas en la evidencia, la experimentación y el análisis crítico.

En los últimos años, diversas escuelas técnicas superiores han comenzado a replantear su papel en la formación de investigadores, especialmente en el ámbito del máster y en los primeros contactos del alumnado con líneas de investigación aplicadas. En este sentido, la Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM) de la Universidad Politécnica de Madrid ha impulsado iniciativas dirigidas a integrar la investigación en la experiencia formativa de su estudiantado, no solo a través de la docencia reglada, sino también mediante proyectos reales, convocatorias de becas específicas y el acompañamiento tutorial por parte de grupos consolidados.

El grupo de investigación TEMA (Tecnología Edificatoria y Medio Ambiente), adscrito a la ETSEM y reconocido por su trayectoria en líneas asociadas a la sostenibilidad en la edificación, constituye un caso paradigmático de este cambio de orientación. A través de su implicación activa en proyectos de investigación, contratos con empresas e instituciones, y programas de colaboración con estudiantes, el grupo ha conseguido atraer a jóvenes hacia el ámbito investigador, despertando vocaciones tempranas y generando sinergias entre la práctica profesional y el desarrollo científico.

Esta comunicación presenta la experiencia acumulada por el grupo TEMA en los últimos años, con especial atención a las estrategias utilizadas para incorporar al alumnado en proyectos de investigación aplicada, así como los resultados observados en términos de motivación, aprendizaje y continuidad formativa. La finalidad última es contribuir al debate sobre el papel de la investigación en los estudios técnicos de edificación y ofrecer un modelo replicable para otras instituciones interesadas en fortalecer esta dimensión en sus programas formativos.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta comunicación es describir y analizar el modelo desarrollado por el grupo de investigación TEMA (Tecnología Edificatoria y Medio Ambiente) para integrar a estudiantes de grado y máster en actividades de investigación aplicada. Con ello se pretende:

- Identificar las estrategias implementadas para fomentar la participación estudiantil en tareas investigadoras, incluyendo becas, contratos y trabajos fin de máster (TFM).
- Analizar las líneas temáticas promovidas por el grupo y su alineación con los desafíos actuales del sector de la edificación relacionados con la sostenibilidad.

- Evaluar la repercusión de estas iniciativas sobre la motivación, las competencias desarrolladas y la continuidad académica del alumnado.
- Explorar la viabilidad de transferir este modelo a otras escuelas técnicas con estructuras formativas similares en España y entornos internacionales.

3. METODOLOGÍA

La presente comunicación adopta un enfoque metodológico de carácter descriptivo y documental, centrado en el análisis de la actividad investigadora desarrollada por el grupo TEMA (Tecnología Edificatoria y Medio Ambiente), adscrito a la Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), en relación con la formación investigadora del estudiantado de grado y máster.

La primera fase de trabajo ha consistido en la revisión y análisis de fuentes internas del propio grupo TEMA, tales como memorias de actividad, informes de participación en convocatorias competitivas, documentación de proyectos financiados (tanto nacionales como internacionales), y referencias a contratos de investigación suscritos con entidades públicas y privadas. Esta documentación ha permitido caracterizar las principales líneas de trabajo del grupo, así como identificar las estrategias implementadas para la implicación del alumnado en las tareas de investigación.

En segundo lugar, se ha llevado a cabo una consulta sistemática del Archivo Digital de la Universidad Politécnica de Madrid (oa.upm.es), con el objetivo de localizar y clasificar los Trabajos Fin de Máster (TFM) y las Tesis Doctorales dirigidas por miembros del grupo TEMA durante el periodo 2020–2025. Para ello, se ha utilizado como criterio de inclusión la pertenencia de al menos uno de los directores al grupo TEMA, según la información disponible en la web institucional del grupo y en las fichas de los trabajos académicos consultados. Se han extraído variables como el año de defensa, el título del trabajo, el nombre del estudiante, el director o directores, y la línea temática en la que se enmarca cada estudio.

La información recogida se ha organizado en dos tablas diferenciadas: una dedicada a los TFM y otra a las tesis doctorales. Este material permite no solo dimensionar la participación del grupo en la formación investigadora del alumnado, sino también identificar las áreas con mayor proyección formativa y los posibles vínculos entre el trabajo en el máster y la continuidad hacia programas de doctorado.

Finalmente, se han utilizado otras fuentes institucionales complementarias, como las convocatorias de becas de colaboración de la UPM y los programas de iniciación a la investigación del Ministerio de Universidades, para contrastar la participación de estudiantes del centro en proyectos liderados por el grupo. Todo este material ha sido sistematizado y analizado desde una perspectiva interpretativa, con el objetivo de identificar buenas prácticas y elementos replicables en otros contextos académicos similares.

4. RESULTADOS

La implementación de estrategias para integrar a estudiantes de grado y máster en actividades de investigación aplicada por parte del grupo TEMA (Tecnología Edificatoria y Medio Ambiente) ha generado resultados significativos en términos de participación estudiantil, desarrollo de competencias investigadoras y vinculación con los desafíos actuales del sector de la edificación. A continuación, se presentan los principales hallazgos estructurados en tres ejes: (1) estrategias de incorporación del alumnado a la investigación, (2) líneas temáticas abordadas y su alineación con los retos del sector, y (3) impacto en la motivación y continuidad académica de los estudiantes.

4.1 Estrategias de incorporación del alumnado a la investigación

El grupo TEMA ha desarrollado un modelo multifacético para involucrar a estudiantes en proyectos de investigación, basado en cuatro pilares fundamentales: becas de colaboración, contratos de investigación, dirección de Trabajos Fin de Máster (TFM) y programas de mentoría.

Becas de colaboración: Entre 2020 y 2025, un total de 18 estudiantes de grado y máster se beneficiaron de becas de colaboración de la UPM y del Ministerio de Universidades para participar en proyectos del grupo. Estos estudiantes contribuyeron en tareas como recopilación de datos, ensayos de laboratorio y análisis de resultados, lo que les permitió adquirir experiencia en metodologías de investigación aplicada.

Contratos de investigación: Se identificaron 4 contratos financiados por empresas e instituciones públicas en los que participaron estudiantes de máster, principalmente en proyectos relacionados con eficiencia energética y rehabilitación sostenible. Estos contratos no solo facilitaron la transferencia de conocimiento al sector profesional, sino que también ofrecieron a los estudiantes una experiencia laboral remunerada en un entorno investigador.

Trabajos Fin de Máster (TFM): El análisis del Archivo Digital de la UPM reveló que el grupo TEMA dirigió 32 TFM entre 2020 y 2025, lo que representa aproximadamente el 25% de los TFM defendidos en la ETSEM en ese período. Estos trabajos abordaron temas como materiales sostenibles, evaluación del ciclo de vida de edificios y soluciones constructivas para la descarbonización.

4.2 Líneas temáticas y su alineación con los retos del sector

Las investigaciones desarrolladas por estudiantes bajo la supervisión del grupo TEMA se enmarcaron en tres líneas prioritarias, todas ellas vinculadas a los desafíos globales del sector de la edificación:

- **Sostenibilidad y eficiencia energética:** El 40% de los TFM analizados se centraron en estrategias para reducir el consumo energético en edificios, incluyendo el uso de materiales de bajo impacto ambiental y sistemas de monitorización. Un ejemplo destacado es un TFM que evaluó el comportamiento térmico de fachadas ventiladas con materiales reciclados, cuyos resultados fueron publicados en un congreso internacional.
- **Rehabilitación del parque edificado:** El 35% de los trabajos abordaron técnicas de intervención en edificios existentes, con especial énfasis en la mejora de la accesibilidad y la habitabilidad. Un caso relevante fue un estudio sobre la aplicación de morteros con fibras naturales en rehabilitación, que derivó en una patente en colaboración con una empresa del sector.
- **Innovación en materiales y sistemas constructivos:** El 25% restante exploró el desarrollo de nuevos materiales, como hormigones con residuos industriales o paneles fotovoltaicos integrados en envolventes. Estos proyectos demostraron el potencial de la investigación aplicada para generar soluciones técnicas viables.

Cabe destacar que 5 de los TFM dieron lugar a publicaciones en revistas indexadas, lo que evidencia la calidad científica de los trabajos estudiantiles y su contribución al avance del conocimiento.

4.3 Impacto en la motivación y continuidad académica

La participación en actividades de investigación tuvo un efecto positivo en la trayectoria académica y profesional de los estudiantes involucrados. Los resultados se organizan en tres dimensiones:

- **Motivación hacia la investigación:** Una encuesta realizada a los participantes reveló que el 85% consideró que su experiencia en el grupo TEMA incrementó su interés por la investigación, mientras que el 70% manifestó su intención de continuar en el ámbito académico.
- **Adquisición de competencias:** Los estudiantes destacaron el desarrollo de habilidades como el análisis crítico de datos, la redacción científica y el trabajo en equipo interdisciplinar, competencias clave tanto para la investigación como para el ejercicio profesional.
- **Continuidad en programas de doctorado:** Del total de estudiantes que realizaron TFM con el grupo TEMA, 8 (25%) se matricularon en el programa de doctorado de la UPM. Este dato refleja la capacidad del modelo para fomentar vocaciones investigadoras en un área tradicionalmente orientada a la práctica profesional.

En esta línea, la Figura 1 recoge el total de tesis doctorales dirigidas por investigadores del grupo TEMA (2020-2025) en función de las tres líneas prioritarias de investigación antes reseñadas (Tasán, 2025; Rodríguez, 2025; Asadi, 2024; Galán, 2024; Marotta, 2023; Mingarro, 2023; Zamora, 2023; Sordo, 2021; Rouyet, 2020; García, 2020.

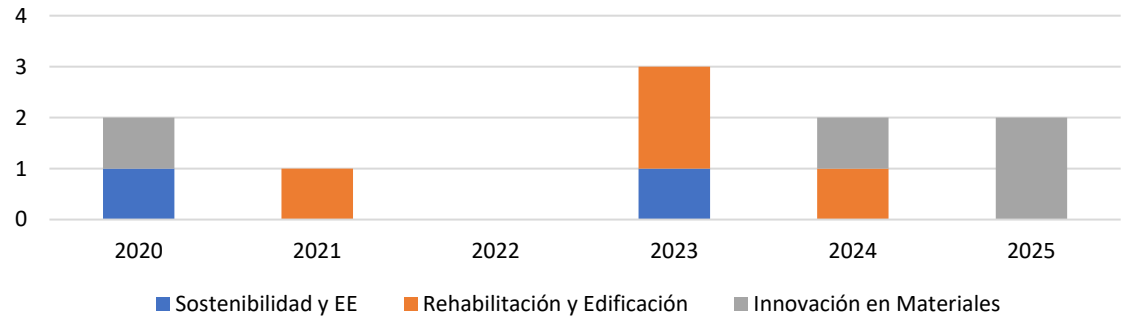


Figura 1. Tesis doctorales dirigidas por investigadores del grupo TEMA en el periodo 2020-2025.

5. CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que el modelo implementado por el grupo TEMA ha logrado superar la brecha tradicional entre formación técnica e investigación en el ámbito de la edificación. La combinación de estrategias (becas, contratos, TFM y tesis) ha permitido no solo integrar a los estudiantes en proyectos de relevancia sectorial, sino también consolidar un semillero de futuros investigadores.

No obstante, el estudio también identificó desafíos, como la necesidad de ampliar la financiación para becas y la importancia de fortalecer las colaboraciones internacionales para enriquecer la formación del alumnado. Estas limitaciones abren líneas de trabajo futuro para optimizar el modelo y extender su aplicabilidad a otras escuelas técnicas.

En conclusión, la experiencia del grupo TEMA ofrece un marco de referencia válido para instituciones que busquen reforzar la dimensión investigadora en estudios técnicos, contribuyendo así a la formación de profesionales capaces de responder a los retos complejos de la edificación sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Tasán Cruz, D. M. (2025). *Mejora y caracterización de morteros de yeso y escayola mediante la adición de fibras de polímeros procedentes del reciclaje de eslingas de un solo uso de RCD con criterios de economía circular* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.86565

Rodríguez Aybar, M. (2025). *Estudio y viabilidad del reciclaje de material procedente de pelotas de pádel/tenis para su empleo en productos a base de yeso* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.87571

Asadi Ardebilli, A. (2024). *Mechanical characterization of gypsum mortars with waste from the automotive sector* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.83188

Galán Navia-Osorio, E. (2024). *Caracterización de las condiciones higrotérmicas en bodegas catedral para la crianza de vino generoso* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.80938

Marotta, A. (2023). *How Environmental, Social and Governance (ESG) trends drive sustainable development* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.78311

Mingarro Montori, L. (2023). *Viabilidad de proyectos inmobiliarios de rehabilitación de bloques de viviendas en épocas de crisis económicas* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.77686

Zamora Calleja, M. (2023). *Metodología para evaluar y reducir los riesgos psicosociales en los equipos de obra de edificación* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.73869

Sordo Sierpe, J. I. (2021). *Herramienta de alerta temprana para la predicción de insolvencias en empresas constructoras de edificios* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.70044

Rouyet Ruiz, N. (2020). *Sostenibilidad Social en la Edificación: evaluación, desarrollo y aplicación* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.64630

García López de la Osa, G. (2020). *Análisis de la adherencia entre morteros y piezas cerámicas* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.64577

APRENDIZAJE Y SERVICIO (ApS) EN LA ASIGNATURA "EDIFICACIONES Y CIUDADES SOSTENIBLES" DEL GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA (EPSZ)

SERVICE-LEARNING (SL) IN THE COURSE "SUSTAINABLE BUILDINGS AND CITIES" OF THE BACHELOR'S DEGREE IN BUILDING ENGINEERING AT THE HIGHER POLYTECHNIC SCHOOL OF ZAMORA (EPSZ)

María Ascensión Rodríguez-Esteban[(1)], Héctor Prieto Corredera[(2)], María Almudena Frechilla-Alonso[(3)], Ana Belén Ramos-Gavilán[(4)]

[1] Escuela Politécnica Superior de Zamora, Universidad de Salamanca, Zamora, España, mare@usal.es
[2] Escuela Politécnica Superior de Zamora, Universidad de Salamanca, Zamora, España, hector.prieto@usal.es
[3] Escuela Politécnica Superior de Zamora, Universidad de Salamanca, Zamora, España, almudena.frechillla@usal.es
[4] Escuela Politécnica Superior de Zamora, Universidad de Salamanca, Zamora, España, aramos@usal.es

RESUMEN

Los futuros Arquitectos Técnicos tienen ante sí el reto de integrar la dimensión profesional con la humana. En este contexto, el Aprendizaje-Servicio (ApS) se consolida como una metodología transformadora en los entornos universitarios, al promover una visión del ejercicio técnico vinculada al compromiso social y ambiental. A través del ApS, los estudiantes se enfrentan a una realidad cada vez más compleja, que exige soluciones sostenibles alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En ese trabajo se expone el ApS que se ha implementado en la asignatura "Edificaciones y Ciudades Sostenibles" del Grado en Arquitectura Técnica (EPS de Zamora, Universidad de Salamanca) donde se aplica esta metodología con un doble enfoque: fomentar el aprendizaje cooperativo, fortaleciendo el compromiso individual y grupal, y sensibilizar sobre el impacto social de las intervenciones técnicas. El proyecto se desarrolla a partir del estudio de un caso real: un edificio residencial habitado, en buen estado de conservación, donde los estudiantes analizan y proponen mejoras basadas en criterios de sostenibilidad. La propuesta se articula en equipos de trabajo que elaboran una memoria técnica junto a la documentación gráfica necesaria, justificando las medidas adoptadas en base a diez principios clave, incluyendo aspectos innovadores como la neurociencia aplicada al confort y la salud. Finalmente, los grupos defienden sus propuestas en una exposición pública, destacando tanto los avances técnicos como el impacto en la calidad de vida de los residentes, con quienes mantienen contacto directo durante el proceso.

Los resultados reflejan una alta implicación del alumnado y un claro desarrollo de su sensibilidad social y ambiental, consolidando el ApS como una herramienta eficaz en la formación de profesionales comprometidos con la mejora de la vida de las personas.

Palabras clave: *Aprendizaje-Servicio, Arquitectura Técnica, compromiso social, Edificaciones y ciudades sostenibles.*

ABSTRACT

Future Technical Architects face the challenge of integrating the professional dimension with the human dimension. In this context, Service-Learning (SL) is consolidating as a transformative methodology in university environments, by promoting a vision of technical practice linked to social and environmental commitment. Through SL, students face an increasingly complex reality, which demands sustainable solutions aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs).

This work presents the SL that has been implemented in the course "Buildings and Sustainable Cities" of the Degree in Technical Architecture (PS of Zamora, University of Salamanca) where this methodology is applied with a double approach: to encourage cooperative learning, strengthening individual and group commitment, and to raise awareness of the social impact of technical interventions. The project is developed from the study of a real case: an inhabited residential building, in a good state of conservation, where students analyze and propose improvements based on sustainability criteria. The proposal is organized in work teams that prepare a technical report with the necessary graphic documentation, justifying the measures taken on the basis of ten key principles, including innovative aspects such as neuroscience applied to comfort and health. Finally, the groups defend their proposals in a public exhibition, highlighting both the technical advances and the impact on the quality of life of the residents, with whom they maintain direct contact during the process.

The results reflect a high involvement of the students and a clear development of their social and environmental sensitivity, consolidating SL as an effective tool in the training of professionals committed to improving people's lives.

Keywords: *Service-Learning (SL), Technical Architecture, social commitment, sustainable buildings and cities*

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios universitarios están llamados a formar profesionales que no solo dominen los aspectos técnicos de su disciplina, sino que también actúen con sensibilidad social y compromiso ético. Esta necesidad de integrar la dimensión profesional con la humana ha impulsado la búsqueda de metodologías docentes innovadoras y transformadoras. Una de las más relevantes en los últimos años ha sido el Aprendizaje-Servicio (ApS), una estrategia educativa que combina la adquisición de competencias académicas con la participación activa en proyectos de impacto social (Santos Rego, Lorenzo & Mella, 2019).

Numerosas experiencias en este ámbito de conocimiento, tanto de España como de América Latina, han demostrado que el ApS no solo refuerza el aprendizaje significativo, sino que también sitúa al estudiante frente a realidades sociales concretas, promoviendo su implicación ciudadana y su responsabilidad ante los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Chiva-Bartoll & Gil-Gómez, 2020). Desde el diseño participativo de espacios públicos (Cordero, 2020) hasta la rehabilitación energética o la recuperación del patrimonio rural (García & Álvarez, 2022), el ApS permite a los futuros arquitectos técnicos comprender que cada decisión técnica conlleva consecuencias humanas, sociales y medioambientales (Martínez & Sánchez, 2021).

En este marco se presenta esta comunicación que muestra la experiencia desarrollada en la asignatura optativa de 3 ECTS, "Edificaciones y Ciudades Sostenibles", de 4º curso del Grado en Arquitectura Técnica que se imparte en la Escuela Politécnica Superior de Zamora de la Universidad de Salamanca, con la participación de estudiantes tanto locales como internacionales. La implementación del ApS en dicha asignatura se lleva a cabo a través del análisis de un caso, en el que los estudiantes no solo aplican conocimientos técnicos, sino que también reflexionan sobre el impacto de sus propuestas en la vida cotidiana de los residentes, fomentando la cooperación, el pensamiento crítico y el contacto directo con la comunidad. Este enfoque ha resultado especialmente efectivo para reforzar valores como la sostenibilidad, el bienestar y la equidad, confirmando el potencial del Aprendizaje-Servicio como motor de transformación educativa y social en el ámbito de la arquitectura técnica (Rodríguez & Pérez, 2023).

"Edificaciones y Ciudades Sostenibles" es una asignatura de reciente implantación, la cual, en los tres años de andadura, ha demostrado que resulta atractiva para estudiantes de movilidad, matriculados a través del Programa Curricular Individualizado (PCI) de diferentes universidades de México. Este curso ha tenido 10 matrículas, cinco de las cuales son de PCI, circunstancia que ha sido aprovechada para conformar los grupos de trabajo combinando estos estudiantes con los de la USAL, con la doble finalidad de integrarlos en la comunidad universitaria y de enriquecer el trabajo con las ideas, conocimientos y sensibilidades de otras universidades y culturas.

El proyecto se ha centrado en el análisis y mejora en términos de sostenibilidad de un inmueble residencial construido en los años 60 y actualmente habitado, situado en la ciudad de Zamora. Fue proyectado en 1963 por el arquitecto Lucas Espinosa, bajo la denominación de "Edificio Alfa", por tener su traza en forma de A.

Su característica más destacable es un patio interior de forma triangular, a modo de corrala, que permite el acceso a las viviendas y da iluminación y ventilación a gran parte de las estancias vivideras (figura 1).



Figura 1. Imágenes del edificio Alfa: vista a pájaro, fachada principal y patio interior

Aunque el edificio no presenta patologías graves, muestra un amplio margen de mejora en términos de sostenibilidad en múltiples aspectos, tanto de construcción, como de diseño y de regeneración de los espacios interiores y exteriores urbanos. Esta mejora es sobre la que deben trabajar los estudiantes, siguiendo todos los principios de sostenibilidad que fuera posible, englobando aquellos que tienen que ver con la construcción, pero también con la neurociencia, diseño, accesibilidad y confort para los habitantes.

Organizados en dos grupos mixtos (USAL y PCI), los estudiantes realizaron un estudio diagnóstico del estado actual del edificio y, posteriormente, desarrollaron propuestas de intervención orientadas a su transformación en un entorno residencial más eficiente, saludable y habitable. Entre las mejoras planteadas se incluyen el incremento de la eficiencia energética, la optimización de la iluminación y ventilación natural, la reconfiguración de espacios para favorecer el confort, y la aplicación de principios de diseño sostenible, incluso desde una perspectiva neuro-arquitectónica.

Este enfoque ha resultado especialmente efectivo para fomentar el trabajo en equipo, la cooperación intercultural, el pensamiento crítico y, de manera especial, el contacto directo con los residentes. Los resultados obtenidos revelan un alto grado de implicación por parte del alumnado y una clara evolución en su sensibilidad social y ambiental, consolidando el Aprendizaje-Servicio como una herramienta pedagógica clave en la formación de técnicos comprometidos con la mejora de la calidad de vida de las personas (Rodríguez & Pérez, 2023).

2. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como finalidad exponer de forma concisa una experiencia de Aprendizaje-Servicio (ApS) desarrollada en el marco de la asignatura “Edificaciones y Ciudades Sostenibles”. Esta iniciativa docente persigue integrar la dimensión técnica y humana en la formación del arquitecto técnico, fomentando una conciencia crítica sobre su papel social en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y aplicar la metodología ApS como herramienta pedagógica que permite desarrollar competencias académicas, técnicas y sociales mediante la intervención en un caso real. Asimismo, se promueve el trabajo cooperativo e intercultural a través de equipos mixtos de estudiantes locales e internacionales mediante el análisis de un edificio existente, desde una perspectiva sostenible, que contemple mejoras en eficiencia energética, confort, salud, habitabilidad y humanización. Finalmente, se busca evaluar el impacto formativo del ApS en el alumnado, atendiendo a su implicación, el aprendizaje significativo alcanzado y la consolidación de valores ligados a la sostenibilidad y la responsabilidad social.

3. METODOLOGÍA

Toda la documentación del proyecto original, planos, memoria y mediciones, así como bibliografía al respecto (Hernández, 2007) fue aportada por los docentes junto al enunciado de la práctica, instando a formar dos grupos de cinco personas. El reparto de los estudiantes en los dos grupos fue el que se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Estudiantes que realizaron la práctica ApS que se muestra en la comunicación (PCI: Programa Curricular Individualizado)

Grupo 1	Grupo 2
Carrillo Ardila, Sandra Lorena	Benavides Ledesma, Luis Miguel (PCI)
Cortes Vásquez, Estefanía Sarahi (PCI)	Fernández Cañadas, Zaida
González Iglesias, Eva	Guía Tavera, Karla Patricia (PCI)
Hernández García, Francisco Javier (PCI)	Parra Caballero, Angie Samanta
Sosa Pacheco, Karla Rocío (PCI)	

El trabajo de los estudiantes comenzó siguiendo las pautas lógicas de todo trabajo que actúa sobre un edificio existente: analizar la documentación del proyecto y visitar el edificio para tomar nota in situ de su estado real general de todas las viviendas. En este trabajo de campo, que es parte de su aprendizaje, debían tomar nota de los elementos y sistemas constructivos, pero también de aspectos otros relacionados con, la accesibilidad, la ventilación, el grado de confort, la iluminación, los elementos espurios, y de manera especial, las necesidades expresadas por los residentes. El estudio permitió conocer las posibles modificaciones particulares y todas las actuaciones que hubieran podido producirse durante los 60 años de vida del edificio. Para ello, poniendo en práctica el aprendizaje y servicio, tuvieron un acercamiento más personal con los usuarios, de manera que pudieron conocer las opiniones y peticiones de los usuarios para buscar soluciones estableciendo un orden de prioridad, generando espacios más eficientes y sostenibles, pero también, más amables.

Es importante resaltar que todos los integrantes de cada grupo tuvieron que participar en todas las fases del trabajo: el análisis inicial del proyecto, la visita y supervisión del inmueble in situ, el estudio del estado real y las necesidades de los residentes. En la segunda fase, todos tuvieron que aportar ideas de actuación para implementar los principios de sostenibilidad en todos los aspectos que fuera posible.

Cada grupo elaboró un documento formado por una memoria explicativa que incluyera de manera obligatoria un análisis del estado actual, morfológico y constructivo, con las carencias sobre sostenibilidad detectadas, las necesidades de los vecinos y las propuestas de actuación. Esta memoria tenía que ir acompañada de la documentación gráfica y fotográfica precisa del inmueble, aportando los planos en su estado actual y del estado reformado (figura 2).

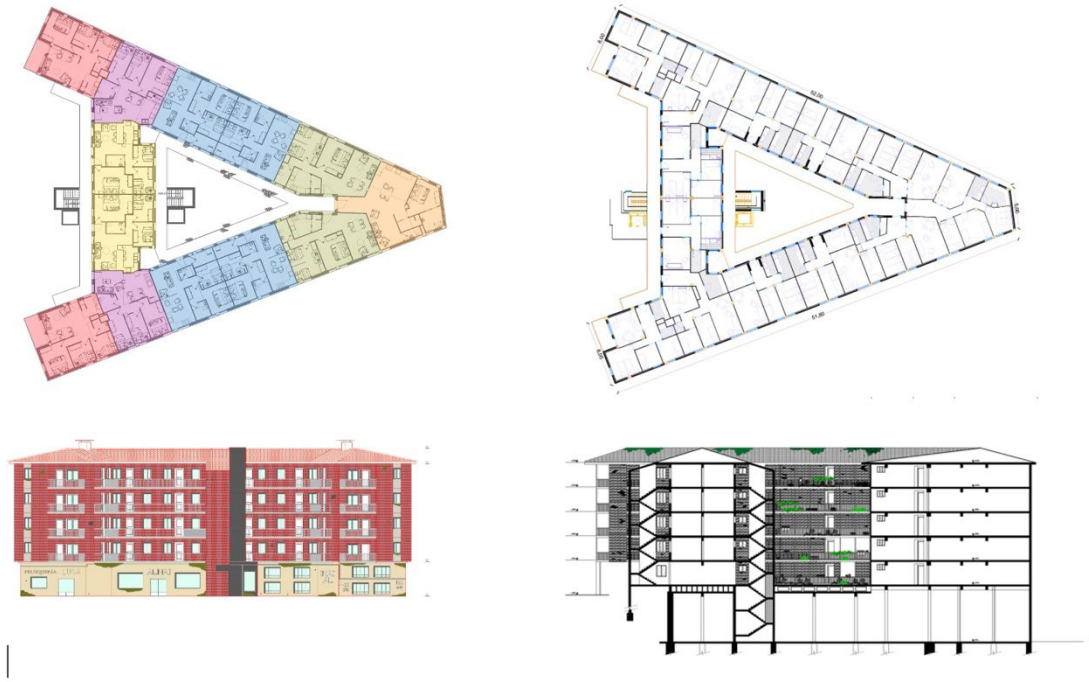


Figura 2. Planos de los trabajos del alumnado: plantas, alzado y sección

Durante todo el proceso se hicieron varias sesiones de corrección y supervisión con los profesores. El trabajo se complementó con una exposición pública que les permitió explicar el proceso y defender sus propuestas de actuación (figura 3).

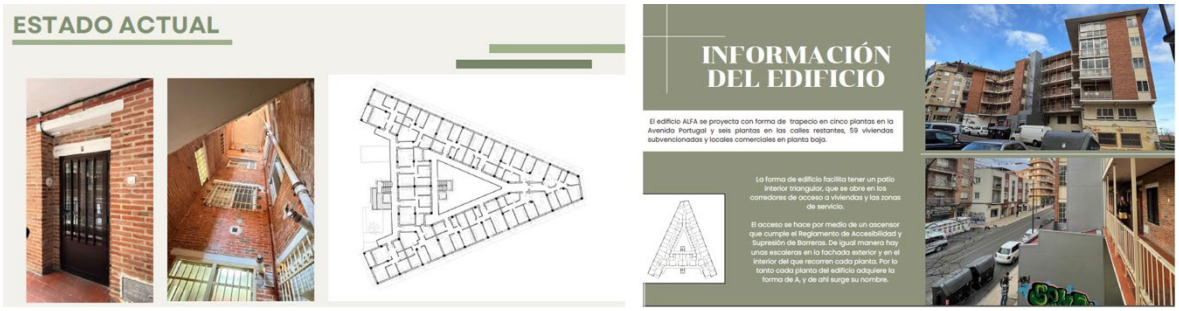


Figura 3. Muestras de la exposición de los dos trabajos: estudio del estado del edificio

4. RESULTADOS

Los resultados que se exponen son un resumen de los aspectos más significativos extraídos de los dos trabajos presentados, dándose la circunstancia de que poseen múltiples coincidencias. En ellos se exponen el análisis de los sistemas constructivos empleados respecto a la eficiencia energética y también los problemas expuestos por los residentes, quienes, a pesar de tener diferentes rangos de edades y de situaciones familiares, de manera general, mostraron las mismas necesidades, que se resumen en: aumentar el confort térmico, mejorar la seguridad, salubridad y habitabilidad, regenerar el patio interior y renovar las instalaciones. Con estos datos y añadiendo aquellas actuaciones que los estudiantes consideraban fundamentales para incrementar la sostenibilidad del edificio y hacerlo más eficiente, se incluyeron las propuestas que se pueden enfocar en las siguientes acciones:

4.1 Confort térmico

Para alcanzar el confort térmico, se han considerado dos aspectos a mejorar, el comportamiento térmico de la envolvente y la incidencia solar en las ventanas.

4.1.1 *Comportamiento térmico de la envolvente*

El edificio Alfa carece de una envolvente térmica eficaz, sin aislamiento y con múltiples puentes térmicos, especialmente en dinteles y huecos, pilares y forjados. El estudio de la transmitancia térmica de los cerramientos actuales arroja un valor de 1,44 W/m^{2}K, muy por encima de los 0,41 W/m^{2}C establecida por el CTE (DB HE).

La solución propuesta ha sido forrar con SATE todas las fachadas, lo que mejora la eficiencia energética del edificio y rompe los puentes térmicos, aunque conlleva modificar el aspecto general del inmueble (figura 4). A esta actuación se añade la colocación de paneles fotovoltaicos en cubierta.



Figura 4. Análisis de la envolvente térmica. Infografía del edificio forrado con el SATE

4.1.2 *Incidencia solar*

El edificio presenta una importante falta de control solar en las ventanas, que no cuentan con un acristalamiento adecuado ni elementos de protección, además de carecer de uniformidad de materiales y diseños. Las fachadas más expuestas, la oeste y la sur, reciben radiación directa sin filtros, lo que provoca un fuerte impacto térmico (figura 5).



Figura 5. Análisis de la radiación solar. Estudio de la transmitancia de las ventanas

Se plantea unificar el modelo de ventana y, para abordar la incidencia solar, se proponen dos soluciones: 1. Vidrios de doble acristalamiento, que tienen propiedades aislantes y acústicas, reduciendo pérdidas térmicas. 2. Parasoles de lamas de madera o también de lona plegable que bloquean el sol. Ambas opciones mejoran la estética, aumentan la eficiencia energética y disminuyen el uso de calefacción y aire acondicionado, ahorrando energía.

4.2 Seguridad de utilización, salubridad y habitabilidad

Estos aspectos se consideraron muy importantes por los usuarios, teniéndolos en cuenta en las propuestas del trabajo, a pesar de que algunos de ellos no son de obligado cumplimiento por el CTE (DB-SUA) en el uso residencial. En este sentido, las actuaciones frente a la seguridad se abordaron en tres direcciones: suelos, barandillas e iluminación. Todos estos aspectos afectan de manera especial al patio, que es el elemento neurálgico del edificio y se percibe como sombrío y poco agradable.

Respecto a seguridad, el problema más acuciante se encuentra en el pavimento del patio, cuya superficie está cubierta por verdín o moho, afectando también a la salubridad de los residentes. Las baldosas de barro que cubren el suelo del patio son muy propicias a sufrir esta patología cuando existe humedad constante, como es el caso que nos ocupa, provocada por la falta de ventilación y de recogida óptima de aguas. La propuesta se centra en sanear el patio con la colocación de un suelo técnico que siempre esté seco y la reconstrucción de las pendientes para una óptima recogida de agua, incluyendo ventilación cruzada. A su vez, se ha observado que en los corredores abiertos de acceso a las viviendas entra el agua de lluvia y el pavimento se vuelve resbaladizo, siendo peligrosa su circulación, con riesgo de caídas, cuya solución pasa por sustituir todos ellos por otros que sean resistentes al deslizamiento (figura 6).

En cuanto a las barandillas, tanto de las escaleras como de los pasillos del patio, son escalables y las aberturas superan los 10 cm de diámetro, máximos exigidos por el CTE (figura 6). Para solucionar estos problemas se propone la sustitución de todas las barandillas por otras de vidrio, que además mejoran el aspecto y el ambiente del patio.

En lo referente a la iluminación, se aprecia escasa en los corredores en las plantas inferiores, afectando, tanto a la circulación de todos los residentes como a las viviendas que tienen ventanas abiertas a ellos. Para subsanar este problema, se propone incrementar la luz natural en el patio mediante la colocación de paneles reflectantes de luz en la cubierta; por otro, para aumentar la iluminación en viviendas, se plantea el rasgado de las ventanas, ampliando su superficie de iluminación, colocando vidrios traslúcidos en su zona inferior para preservar la privacidad.



Figura 6. Estado actual del patio, corredores de viviendas y escaleras

4.3 Instalaciones

A las carencias constructivas del Edificio Alfa, se suman importantes deficiencias en sus instalaciones energéticas. La instalación eléctrica, ejecutada en una época anterior al reglamento vigente, presenta riesgos potenciales derivados de la falta de elementos fundamentales de seguridad. A su vez, las redes de fontanería, según explica la memoria del proyecto original, son de hierro galvanizado y, además, las de agua caliente sanitaria (ACS) carecen de aislamiento térmico, lo que incrementa significativamente las pérdidas energéticas. Respecto a la calefacción, que no existía en su origen, los vecinos han instalados calderas individuales de gas ciudad, resultando una solución caótica y desastrosa en el patio a donde ventilan las chimeneas de salida de gases (figura 7).

La solución a este problema es mucho más compleja, con propuestas dirigidas en dos sentidos, por un lado, la renovación de la red de tuberías de agua y por otro, la colocación de aerotermia unificando sistemas, consiguiendo una mayor eficiencia energética.



Figura 7. Imágenes del estado que presentan las instalaciones

4.4 Distribuciones y accesibilidad

El edificio Alfa cuenta con siete tipos de vivienda con el mismo programa de estancias: tres dormitorios, estar-comedor, cocina, cuarto de aseo con media bañera y vestíbulo de entrada. Todas ellas tienen dimensiones muy ajustadas, que resultan insuficientes para el uso previsto, especialmente en las zonas de descanso y convivencia incumpliendo la normativa urbanística actual que adjudica superficies mínimas. Para solucionar este problema se han elaborado propuestas con distribuciones más acordes a las necesidades de los residentes, reduciendo el número de dormitorios y uniendo la cocina con comedor-salón.

La accesibilidad al edificio fue resuelta en el año 2000, cuando se colocó un ascensor en la zona de acceso, no obstante, a pesar de las necesidades reales de residentes mayores con serios problemas de movilidad, no hay ninguna vivienda adaptada, preparada para personas con movilidad reducida (figura 8), por lo que se

propone la distribución de una en cada planta que cumpla los parámetros exigidos por el reglamento de accesibilidad (RD 217/2001).

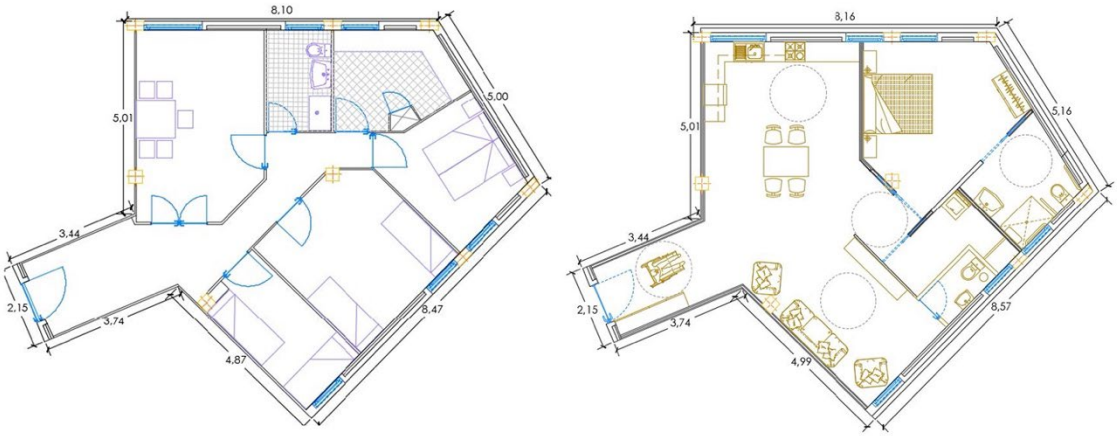


Figura 8. Planta del estado actual de una vivienda tipo. Planta propuesta de vivienda adaptada

5. CONCLUSIONES

El desarrollo de este trabajo ha permitido al alumnado aplicar de forma integrada los conocimientos adquiridos a lo largo del Grado en Arquitectura Técnica, trabajando sobre un caso real que presenta carencias en materia de sostenibilidad y habitado por personas con necesidades concretas. Desde una perspectiva técnica y humana, el proyecto ha exigido analizar el estado actual del edificio, proponer soluciones viables y plasmarlas en un documento técnico que ha sido defendido públicamente. A través del trabajo en equipo, se han potenciado competencias fundamentales como la organización, la cooperación y la toma de decisiones compartida, en un proceso de aprendizaje autónomo y colectivo, enriquecido por la presencia de alumnado de diferentes continentes. El resultado final, materializado en los trabajos presentados, ha sido muy satisfactorio tanto por la calidad técnica alcanzada como por la madurez con la que los estudiantes han abordado el reto.

Desde el enfoque del Aprendizaje y Servicio, esta experiencia ha supuesto un revulsivo para que el estudiantado tome conciencia del papel social que desempeñará como profesional, entendiendo que su labor afecta directamente a la calidad de vida de las personas. Han aprendido a integrar necesidades reales, aunque no siempre contempladas por la normativa, en un ejercicio técnico, con una finalidad ética y transformadora. Así, el proyecto no solo ha contribuido al desarrollo académico y profesional del alumnado, sino también a su formación como ciudadanos comprometidos, capaces de poner sus conocimientos al servicio de la comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chiva-Bartoll, Ò., & Gil-Gómez, J. (Eds.). (2020). Aprendizaje-servicio universitario: Modelos de intervención e investigación en la formación inicial docente. Octaedro.

Cordero, G. (2020). Aprendizaje-servicio en proyectos comunitarios a través de la práctica colectiva. *Revista JIDA*, Universitat Politècnica de Catalunya. https://revistes.upc.edu/index.php/JIDA/article/view/12280

García, M., & Álvarez, L. (2022). Habitar el campo, cultivar la casa: Aprendizaje-servicio en el patrimonio agrícola. *Revista JIDA*. https://revistes.upc.edu/index.php/JIDA/article/view/12324

Hernández, J. (2004). Guía de Arquitectura de Zamora: desde los orígenes al siglo XX. Colegio Oficial de Arquitectos de León, Delegación de Zamora. Zamora

Martínez, S., & Sánchez, R. (2021). El aprendizaje-servicio como propuesta educativa del diseño arquitectónico. Revista Arquitectura y Urbanismo Social. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672021000100159

Rodríguez, A., & Pérez, M. (2023). Aprendizaje-servicio para la acción arquitectónica, urbana y territorial. Universidad de Sevilla. https://hdl.handle.net/11441/156397

Santos Rego, M. A., Lorenzo, M., & Mella, I. (2019). El aprendizaje-servicio y la educación universitaria. Octaedro.

Decreto 217/2001, de 30 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento de Accesibilidad y Supresión de Barreras.

CTE. DB HE Ahorro Energía

CTE. DB HS Salubridad

CTE. DB-SUA Seguridad de Utilización y Accesibilidad

CAPTACIÓN DE TALENTO EN EL AULA. HACKATHON EN EL MÁSTER UNIVERSITARIO EN EDIFICACIÓN. ETSIE-UPV

TALENT IDENTIFICATION IN THE CLASSROOM: HACKATHON WITHIN THE MASTER'S DEGREE IN BUILDING CONSTRUCTIONS. ETSIE-UPV

M. Luisa Collado López[(1)]

[1] Universitat Politècnica de València. ETS Ingeniería de Edificación, Valencia, España, mcollado@csa.upv.es

RESUMEN

La colaboración entre la Universidad y la Empresa resulta esencial para garantizar que nuestros egresados respondan a las expectativas que el entorno profesional demanda. En este sentido, la identificación de talento en el aula beneficia tanto al estudiantado como al sector empresarial: por un lado, el alumnado se familiariza con las competencias y habilidades requeridas por las empresas; por otro, los empleadores pueden evaluar, a través de las actividades académicas, el nivel de competencia adquirido.

Para favorecer este proceso, resulta conveniente la implementación de dinámicas de grupo en el aula que permitan observar habilidades como el liderazgo, la integración en equipos de trabajo, el debate, la gestión del tiempo y otras competencias personales relevantes.

En este marco, el Máster Universitario en Edificación y el Máster Universitario en Rehabilitación y Sostenibilidad en Edificación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València (UPV), durante el curso académico 2024–2025 y en colaboración con la empresa 10t Project Management, organizó una actividad en el aula en la que se propuso al estudiantado el reto de diseñar el panel de control de un proyecto en el ámbito inmobiliario. Todas las propuestas fueron presentadas en sesión abierta, se valoraron aspectos como la claridad en la exposición, la funcionalidad del panel y la capacidad de trabajo en equipo y se otorgaron premios a las tres mejores seleccionadas.

Los resultados obtenidos fueron altamente satisfactorios y la valoración por parte del estudiantado fue muy positiva, donde se resaltó la conveniencia de este tipo de actividades.

Como conclusión más destacada, cabe señalar que la empresa organizadora decidió incorporar a uno de los estudiantes participantes a su equipo de trabajo, lo que evidencia el impacto directo de este tipo de iniciativas en la empleabilidad del alumnado y la efectividad del modelo de colaboración universidad-empresa.

Palabras clave: *hackathon; innovación docente; talento*

ABSTRACT

University–Industry collaboration is essential to ensure that our university graduates meet the expectations placed upon them when transitioning into the professional world. In this regard, talent identification within the classroom benefits both students and employers, as students gain insights into industry demands, while employers can assess the level of competencies acquired through student activities.

To this end, it is advisable to implement group dynamics in the classroom, allowing for the observation of participants' competences in areas such as leadership, teamwork, debate, time management, and other personal skills.

Within this framework, the Master's Degree in Building Constructions and the Master's Degree in Rehabilitation and Sustainability in Building Construction offered by the School of Building Engineering at the Polytechnic University of Valencia (UPV), during the 2024–2025 academic year and in collaboration with the company 10t Project Management, organized a classroom activity in which students were challenged to design a project control panel for a real estate development project. All proposals were presented in an open session, where aspects such as clarity of presentation, functionality of the panel, and teamwork skills were assessed and awards were granted to the top three selected projects.

The results were highly satisfactory, and student feedback was very positive, highlighting the value and relevance of this type of activity.

As the most noteworthy outcome, it is important to mention that the organizing company decided to hire one of the participating students, which demonstrates the direct impact of such initiatives on student employability and the effectiveness of the university–industry collaboration model.

Keywords: *hackathon; innovative teaching; talent*

1. INTRODUCCIÓN

La colaboración entre la Universidad y la Empresa constituye un pilar fundamental para asegurar que los egresados universitarios estén debidamente preparados para afrontar los retos del entorno profesional actual. Este vínculo permite al estudiantado conocer de primera mano las competencias, habilidades y conocimientos que demanda el mercado laboral, mientras que a las empresas les ofrece la oportunidad de detectar y fomentar el talento emergente desde las primeras etapas de formación. En este contexto, la identificación de talento en el aula se presenta como una estrategia clave que beneficia a ambas partes: por un lado, los estudiantes adquieren una visión más precisa de las exigencias del sector, y por otro, los empleadores pueden evaluar el nivel de competencia y desempeño a través de actividades prácticas. Para promover esta interacción, resulta especialmente relevante la implementación de dinámicas grupales en el aula, orientadas a la observación de competencias transversales como el liderazgo, el trabajo en equipo, el debate, la gestión eficaz del tiempo y otras habilidades personales esenciales para el éxito profesional. (Pérez Paredes et al. 2013).

Como resultado de estas dinámicas, la empresa participante tiene una visión más clara de las competencias de los candidatos a un puesto de trabajo, por ejemplo, si se destaca en cuestiones técnicas específicas pero queda por debajo de las expectativas de la empresa en cuanto a comunicación y coordinación de equipo; o por el contrario se obtiene una valoración no muy alta en cuestiones técnicas pero se destaca en otras habilidades como competencias de aprendizaje y de trabajo en equipo (Perkmann et al. 2013). Al final se ha de valorar las necesidades que cubren adecuadamente el puesto de trabajo requerido.

En esta línea de actuación, de forma conjunta entre el estudiantado del Máster Universitario en Edificación y el Máster Universitario en Rehabilitación y Sostenibilidad en Edificación, impartidos por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València (UPV), en colaboración con la empresa 10t Project Management, se organizó durante el curso académico 2024–2025 una actividad de innovación educativa. Esta actividad retó al estudiantado a diseñar un panel de control en tiempo récord para la gestión de un proyecto en el ámbito inmobiliario, promoviendo así el desarrollo de competencias técnicas y de gestión.

La empresa 10t Project Management forma parte del consejo asesor de la ETSIE y colabora en actividades que acercan la empresa a la universidad. Su ámbito de trabajo gira en torno a la dirección de proyectos, con participación en proyectos de envergadura y elevado presupuesto como centros comerciales y plataformas logísticas y ha recibido en los años 2021 y 2023 el premio nacional a la mejor dirección integrada de proyecto por parte de la Asociación Española de Dirección Integrada de Proyectos.

Para el desarrollo de la actividad, se tomó como modelo un hackathon. Este modelo se basa en un encuentro de personas en el que, a través del trabajo colaborativo, se busca dar una respuesta a un reto o planteamiento de una organización en tiempo limitado (unir,2025). Esta respuesta se materializa en forma de prototipo terminado para un producto, servicio o modelo de negocio innovador. El término «hackathon» procede de la combinación de las palabras «hacker» y «maratón», aludiendo a un evento tipo competición en el que, en un tiempo predeterminado, los participantes, organizados en grupos de perfiles diversos, trabajan conjuntamente para fomentar la creatividad, el pensamiento crítico y la innovación.

La Universitat Politécnica de Valéncia desarrolla actividades similares de captación de talento a través de su programa Quédate. En este caso, a través del Vicerrectorado de Empleo, Formación Permanente y Lenguas y el Servicio Integrado de Empleo, el evento tiene como fin incorporar a jóvenes universitarios con talento en organizaciones comprometidas con el empleo. Para ello, la UPV pone en contacto a 100 talentos universitarios con responsables de Recursos Humanos de grandes compañías. Se trata de una iniciativa pionera en las universidades públicas españolas y ha recibido el premio Innovación en la Gestión UPV dentro de los XVII premios del Consejo Social año 2018 (SIE-UPV 2024).

2. OBJETIVOS

Los objetivos principales de esta comunicación consisten en plantear actividades innovadoras que, por una parte, faciliten el aprendizaje del estudiantado y por otra faciliten al tejido empresarial la incorporación de técnicos a sus plantillas. En consonancia con la materia de la asignatura y la dirección de proyectos se trabaja la gestión, coordinación, control, motivación y resolución de conflictos entre los recursos humanos y materiales para lograr el objetivo de un proyecto. (AEDIP, 2021).

Objetivos específicos:

- Ofrecer al estudiante una visión real del perfil profesional de project manager
- Fomentar la creatividad y el liderazgo
- Promover el desarrollo de competencias técnicas y de gestión
- Practicar el trabajo en equipo
- Fomentar el pensamiento crítico
- Aprender a gestionar el tiempo

3. METODOLOGÍA

La metodología seguida para desarrollar el modelo elegido como hackathon se planteó como una actividad de aprendizaje y demostración de habilidades por parte del estudiantado, pero también con una dosis de entretenimiento, con ocasión de la finalización del periodo lectivo de la materia. Así, se ofreció un catering a los asistentes y se prepararon obsequios para los participantes y para los equipos ganadores.

Para llevar a cabo la actividad se estableció una duración total de cuatro horas y se tomó como base las fases indicadas en la Figura 1.

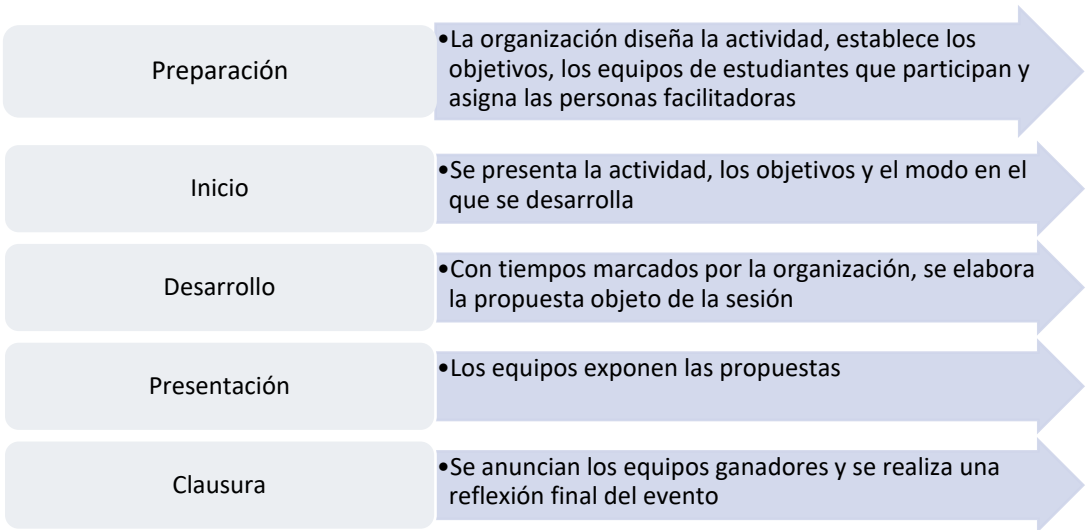


Figura 1. Esquema de fases de un hackathon. Fuente: autor

3.1 Preparación

En esta fase se reúne con anterioridad el equipo organizador para definir el objeto de la actividad, se establecen los objetivos, se diseñan los equipos de estudiantes que participan y se designa una persona

facilitadora para cada equipo de estudiantes. El equipo organizador está compuesto por el profesorado de la asignatura y los participantes de la empresa 10t Project Management. Las personas facilitadoras pertenecen a la empresa participante.

En nuestro caso, participaron 37 estudiantes del Máster Universitario en Edificación y 16 estudiantes del Máster Universitario en Rehabilitación y Sostenibilidad en Edificación en una sesión conjunta.

Se realiza una previsión del material de aula que se va a utilizar durante la sesión y se adquiere para el día fijado.

Previamente a la fecha de realización, se anuncia a los participantes el objeto de la sesión para aclarar las condiciones de participación.

Para ello se diseña una plantilla a modo de guion, donde se indican las acciones, los tiempos de inicio y fin, la persona responsable y el rol que desempeña cada persona, la ubicación dentro del espacio asignado y los medios necesario, así como las intervenciones durante el transcurso de la actividad (Figura 2).

Se detallan los tiempos parciales dedicados a cada fase, que se irán comunicando a los participantes durante el desarrollo de la sesión.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN — 10t BUILDING A LEGACY — UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

HACKATHON

9 diciembre 2024

ESCALETA

Tiempo	Acción	Lidera	10t	Ubicación	Medios	Catering
15:00h	Inicio					
15:00-15:05h	Bienvenida	Marisa Collado	Acompaña alrededor	Zona pantalla	Micrófono	
15:00 - 15:25h	Presentación del Desafío y explicación de la competición	10t	Público	Zona pantalla	Micrófono / Ordenador	
15:30h	Puesta en marcha del cronómetro (120 minutos)	10t		Zona pantalla	Ordenador	
15:30 - 17:00h	Investigación y análisis	Alumnos	Dinámica / Animación / Experiencias	Sala	Micrófono	Abierto
17:00 - 17:30h	Desarrollo y presentación	Alumnos	Dinámica / Animación / Experiencias	Sala	Micrófono	Abierto
17:30h	Subida a PoliformaT de la propuesta por cada Grupo	Alumnos / 10t		Sala	Micrófono	
17:30 - 18:20h	Presentación de propuesta por cada Grupo	Jurado	Acompaña alrededor	Zona pantalla	Micrófono	
18:20 - 18:40h	Deliberación por Jurado de los tres premios	Jurado	Parte ayuda al jurado	Aislados		
18:20 - 18:45h	Presentación de la visión de 10t	10t	Acompaña alrededor	Zona pantalla	Micrófono / Ordenador	
18:45 - 19:00h	Comunicación evaluaciones y entrega de premios a los tres primeros	Jurado / 10t	Acompaña alrededor	Zona pantalla	Micrófono	
19:00 - 19:05h	Conlusiones aprendidas y cierre	Jurado	Acompaña alrededor	Zona pantalla	Micrófono	

Figura 2. Plantilla de la actividad. Fuente: 10t Project Management

3.2 Inicio de la actividad

En esta fase, que constituye la apertura oficial de la sesión, se da la bienvenida a las personas participantes, se presenta el equipo organizador, se asigna la distribución de los equipos de estudiantes, el reparto de material de trabajo y asignación de espacio. Se presenta la actividad, los objetivos y el modo en el que se desarrolla la dinámica (Figura 3).

La empresa realiza una breve exposición de casos de éxito para fomentar la motivación entre las personas participantes.

Tomando como base la plantilla anterior se indica la distribución de los tiempos y los hitos de cada uno de los intervalos de tiempo marcados.

También se comunica quienes serán los miembros del jurado y los criterios para la evaluación de las propuestas.

Una vez asignado el espacio para cada equipo, se incorpora una persona facilitadora por parte de la organización, para coordinar y supervisar el trabajo de los estudiantes.



Figura 3. Asignación de espacios y facilitadores. Fuente: autor

3.3 Desarrollo de la actividad

De acuerdo con los tiempos marcados en la plantilla inicial, comienza el desarrollo de la actividad, donde los participantes pasan por distintas etapas: proponen sus ideas de desarrollo, preparan el prototipo de la solución, debaten sobre la propuesta y van mejorando poco a poco el modelo con la colaboración de las personas facilitadoras (Figura 4).

El objeto del modelo que se elabora consiste en el diseño de un panel de control, del ámbito del sector inmobiliario, en el que se ha de tener en cuenta las fases de desarrollo de un proyecto inmobiliario, desempeñando el rol de quipo director del proyecto y proponiendo un panel que establezca una relación de información y comunicación entre los agentes que intervienen en el proyecto y principalmente cliente y director del proyecto. Debe visualizar aspectos como el nivel de avance del proyecto, datos sobre la inversión, seguimiento y control de costes, documentación digitalizada, huella del proyecto, enlace a otras unidades de información, etc.

Durante el tiempo dedicado a esta fase, cada equipo identifica y define el programa de necesidades del cliente, genera sus ideas y selecciona la solución más adecuada. Una vez creado el modelo se realiza una evaluación rápida en colaboración con los facilitadores que acompañan en cada equipo, de modo que se testea el producto final. Estas personas facilitadoras no intervienen en las decisiones que adoptan los participantes, tan solo actúan como espectadores.

Además, se sirve una merienda, de modo que permite la relación y comunicación entre los participantes, así como la libre circulación en el espacio asignado a la actividad.



Figura 4. Desarrollo de la actividad. Fuente: autor

Finalizado el tiempo asignado a esta fase, de acuerdo con la plantilla inicial, se habilita un espacio en la plataforma docente de la asignatura (Poliformat) para que la propuesta elaborada por cada equipo se suba a dicha plataforma.

3.4 Presentación

En esta fase, en primer lugar, se comprueba por parte del jurado que todos los equipos han depositado su propuesta en el tiempo fijado.

A continuación, un representante de cada equipo expone su modelo durante un tiempo limitado de tres minutos, haciendo hincapié en la demostración funcional del prototipo, su impacto y su valor diferencial respecto al resto de propuestas. (Figuras 5 y 6).

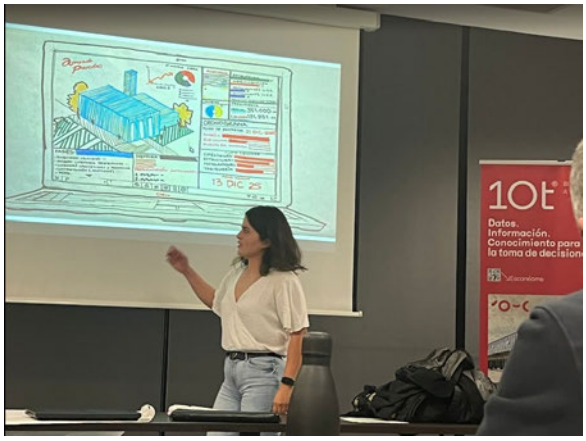


Figura 5. Exposición de propuestas. Fuente: autor



Figura 6. Exposición de propuestas. Fuente: autor

Una vez expuestas todas las propuestas el jurado se retira a deliberar sobre la evaluación.

Durante el tiempo que el jurado delibera sobre la presentación de las propuestas, un representante de la empresa 10t Project Management expone la visión de la empresa, hacia dónde se encamina la actividad profesional del project manager, cuáles son sus funciones y responsabilidades, y comenta algunas recomendaciones para obtener casos de éxito.

3.5 Clausura

Como cierre de la actividad, el jurado anuncia los ganadores, se hace entrega de los reconocimientos y se recompensa con un obsequio a todos los participantes (Figura 7).

Se hace una reflexión final sobre la realización de este evento y se da por finalizado.



Figura 7. Equipo ganador. Fuente: autor

4. RESULTADOS

Tomando como referencia las fases descritas en la metodología, a continuación, se exponen los resultados obtenidos con el desarrollo de la actividad:

Se establecieron 9 grupos de seis estudiantes por cada grupo y una vez presentada la actividad se puso en marcha el control del tiempo de acuerdo con los intervalos marcados en la plantilla inicial.

Para evaluar la actividad se diseñó una plantilla para que los miembros del jurado puntuaran de acuerdo con un baremo prestablecido. El jurado estuvo compuesto por la profesora responsable de la asignatura y dos representantes de la empresa 10t Project Management.

Los aspectos considerados para la valoración se establecieron en cinco niveles (Figura 8):

a) Concepto y originalidad de la propuesta. Se valora la visualización de la información en el panel, tanto en calidad como en cantidad, facilidad de lectura e interpretación de los datos.

b) Presentación, formato y tiempo empleado. Se considera el material empleado para diseñar el panel de mandos y el formato para exponer la propuesta. Se estableció un tiempo límite de 3 minutos para defender la propuesta.

c) Adaptación a distintas tipologías de proyecto. Posibilidad de exportar el modelo propuesto a otras tipologías de proyecto, no necesariamente del sector inmobiliario.

d) Referencia a conceptos relacionados con la dirección de proyectos. Se valora el empleo de la terminología específica del rol que se desempeña como director de proyecto.

e) Tecnología. Identificación de las fuentes de información de los datos que se reflejan en un panel de mandos. Se valora la forma en la que se recogen los datos para ofrecer la información de forma correcta y adecuada.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN — 10t BUILDING A LEGACY — UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

HACKATHON

9 diciembre 2024

Puntuación		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9
Criterio	Descripción									
1	Concepto y originalidad de la propuesta de Cuadro de mandos									
2	Presentación: formato utilizado y tiempo (3 min)									
3	La propuesta permite la adaptación a distintas tipologías de proyecto									
4	La propuesta contempla conceptos de Dirección de proyectos: fases, partes interesadas, áreas de información									
5	Tecnología: identifica las fuentes de información de los datos del Cuadro de mandos									
	TOTAL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

* La valoración de cada criterio será de 0 a 10, siendo 0 la mínima puntuación y 10 la máxima puntuación.
* La máxima valoración será de 50 puntos.

Evaluación		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9
A	¿En qué destaca?									
B	¿En qué debe mejorar?									

* La evaluación se trasladará en la entrega de premios, será general primero antes de darlos y luego se especificará solo a los tres primeros conforme se entregue el premio.

Figura 8. Criterios de evaluación. Fuente: 10t Project Management

Cada uno de los apartados descritos se valoró entre 0 y 10; y los resultados totales obtenidos en cada equipo por cada miembro del jurado fueron los siguientes (Tabla1):

Tabla1. Criterios de evaluación. Fuente: 10t Project Management

	Equipo1	Equipo2	Equipo3	Equipo4	Equipo5	Equipo6	Equipo7	Equipo8	Equipo9
Jurado1	44	38	32	44	39	38	35	35	37
Jurado2	27	33	25	30	23	31	22	26	19
Jurado3	31	29	25	36	28	25	27	28	24
media	34	33.3	27.3	36.6	30	31.3	28	29.6	26.6

Resultó ganador el equipo 4, en segunda posición el equipo1y en tercera posición el equipo 2.

5. CONCLUSIONES

El desarrollo de un hackathon requiere una planificación meticulosa y una ejecución organizada para alcanzar sus objetivos. La división en fases permite comprender su estructura operativa y facilita la evaluación de su efectividad. Adoptar un enfoque sistemático fortalece el impacto de estas iniciativas y contribuye a su replicabilidad en distintos contextos.

Las fases del hackathon están diseñadas para fomentar la innovación, el aprendizaje práctico y el trabajo en equipo. Una planificación adecuada de cada etapa contribuye significativamente al éxito del evento, tanto para los participantes como para los organizadores.

Los resultados de aprendizaje por parte del estudiantado fueron altamente satisfactorios y la valoración por su parte fue muy positiva. Se resaltó la conveniencia de realizar este tipo de actividades y la participación de empresas.

Es preciso añadir, que, como consecuencia de esta sesión, la empresa colaboradora 10t Project Management decidió incorporar a uno de los estudiantes participantes a su equipo de trabajo, lo que evidencia el impacto directo de este tipo de iniciativas en la empleabilidad del alumnado y la efectividad del modelo de colaboración universidad-empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gobierno de España. Ministerio para la transformación digital y de la función pública. 2022. https://datos.gob.es/es/blog/los-hackathons-una-nueva-forma-de-captacion-de-talento (Consulta junio2025).

AEDIP. Asociación Española de Dirección Integrada de Proyecto. Libro Blanco de la Dirección integrada de Proyectos de Construcción. AEDIP 2021.

Pérez Paredes, A.; Pajares Gutiérrez, J.; Iglesias, M. Certificación IPMA-4CL. Manual de preparación. Sanzo. Bpmsat 2013.

Editorial Team. 2024 Evaluación por competencias: claves para identificar talentos y desarrollarlos. https://join.com/es/recruitment-hr-blog/evaluacion-de-competencias. (Consulta junio2025).

Perkmann, M., Tartari, V., McKelvey, M., Autio, E., Broström, A., D'Este, P., & Sobrero, M. (2013). Academic engagement and commercialisation: A review of the literature on university–industry relations. *Research Policy*, 42(2), 423–442. https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.09.007. (Consulta junio2025).

Unir, formación profesional. Ingeniería y Tecnología. https://unirfp.unir.net/revista/ingenieria-y-tecnologia/hackaton/. 2025.

SIE-UPV. Servicio Integrado de Empleo. Vicerrectorado de Empleo y Formación Permanente. Universitat Politècnica de València. https://www.upv.es/entidades/sie/quedate. (Consulta junio 2025)

TOPOGRAFÍA, MEDIANTE HERRAMIENTAS DIGITALES FRENTE AL MÉTODO TRADICIONAL

TOPOGRAPHY, USING DIGITAL TOOLS VERSUS THE TRADITIONAL METHOD

Carlos Losada-Pérez[(1)], Antonio Pernas-Varela[(2)]

[1] Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, A Coruña, España, c.losada@udc.es
[2] Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, A Coruña, España, antonio.pernas.varela@udc.es

RESUMEN

Las Herramientas Digitales se utilizan en la docencia de muchas materias del Grado de Arquitectura Técnica, en particular en la materia de Topografía. Su utilización tiene como objetivo principal: mejorar la capacidad de aprendizaje de los alumnos de las diferentes metodologías topográficas.

El docente analiza el éxito de sus alumnos al finalizar el período docente, mediante una prueba global o bien pruebas parciales de contenidos en el caso de evaluación continua. La incorporación paulatina de herramientas digitales en la enseñanza permite el análisis de los resultados en la asimilación de los contenidos de la materia impartida y la capacidad de resolución de problemas.

La enseñanza de la asignatura de topografía requiere aprender a resolver metodologías altimétricas y planimétricas por parte de los alumnos. Estos métodos pueden resolverse, a su vez, de forma gráfica y analítica.

Hace una década la resolución gráfica de los ejercicios se proponía utilizando una regla centimétrica y un transportador angular; la resolución analítica se limitaba al papel y bolígrafo, con la única ayuda de una calculadora científica.

La utilización de una herramienta gráfica como AutoCAD permite la resolución gráfica, mientras que la utilización de la hoja de cálculo hace más eficiente la resolución analítica.

El análisis de la idoneidad de la introducción de herramientas digitales se realiza desde diferentes perspectivas: tiempo invertido, comprensión del método y aceptación por parte del alumnado.

La introducción de herramientas digitales se aprecia imprescindible en los tiempos actuales; su rechazo desde la óptica docente es comúnmente debida a la costumbre por el empleo tradicional del lápiz y el papel, así como por la consecución de los objetivos de partida por parte de los alumnos.

El cambio de método tiene consecuencias evidentes que no debemos pasar por alto.

Palabras clave: *Topografía, Métodos topográficos, Herramientas digitales*

ABSTRACT

Digital tools are used in the teaching of many subjects in the Degree in Technical Architecture, particularly in Topography. Their main objective is to improve students' learning ability in different topographical methodologies.

The instructor analyzes their students' success at the end of the teaching period, using a comprehensive test or partial content tests in the case of continuous assessment. The gradual incorporation of digital tools into teaching allows for the analysis of results in the assimilation of the subject matter taught and problem-solving skills.

Teaching topography requires students to learn how to solve altimetric and planimetric methodologies. These methods can, in turn, be solved graphically and analytically.

A decade ago, graphical solutions for exercises were proposed using a centimeter ruler and a protractor; meanwhile, analytical solutions were limited to pen and paper, with the sole aid of a scientific calculator.

The use of a graphical tool such as AutoCAD allows for graphical solutions, while the use of a spreadsheet makes analytical solutions more efficient.

The analysis of the suitability of introducing digital tools is carried out from different perspectives: time invested, understanding of the method, and student acceptance.

The introduction of digital tools is seen as essential in modern times; their rejection from the teaching perspective is commonly due to the habit of traditionally using pencil and paper, as well as the students' failure to achieve the initial objectives.

This change in method has obvious consequences that we should not overlook.

Keywords: *Topography, Topographic Methods, Digital Tools*

1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la materia de topografía se enfoca a la resolución de metodologías planimétricas y altimétricas que el alumno debe ser capaz de comprender, dominar. Los métodos de resolución se enfocan desde dos puntos de vista principales: gráfico y analítico.

La resolución por procedimientos gráficos ha estado afectada por la apreciación gráfica, la escala de representación y la pericia, influida a su vez por la calibración de los equipos auxiliares de medida: regla centimétrica y el transportador angular.

Por otro lado, la resolución analítica requiere un conocimiento básico de trigonometría y un tiempo de desarrollo de ecuaciones y cálculo, cuyo planteamiento en el aula es seguido con dificultad por el alumno en ocasiones.

La introducción de herramientas digitales para el dibujo como AutoCAD, o para el cálculo como Excel, conlleva importantes modificaciones en los métodos de enseñanza por parte del docente y de aprendizaje por parte del alumno.

2. OBJETIVOS

Como objetivo principal:

- proponer una metodología de enseñanza más eficaz para el dominio de la disciplina de topografía, más comprensible por parte del alumnado y con mayor conocimiento de la veracidad de sus resultados.

Objetivos secundarios:

- Proponer métodos gráficos de resolución de metodologías planimétricas.
- Proponer métodos gráficos de resolución de metodologías altimétricas.

3. METODOLOGÍA

En primer lugar, se analizan los métodos de enseñanza de alguna metodología planimétrica y altimétrica, sin ayuda de herramientas digitales.

A continuación, se plantea la introducción de herramientas gráficas (AutoCAD), representando los datos de partida y lecturas de campo, obteniendo los resultados como solución al problema. Con ayuda de una hoja de cálculo (Excel) se determinan y comparan las coordenadas de los puntos principales.

Se analizan los resultados de las evaluaciones de conocimientos de los alumnos desde el curso académico 2013/2014 hasta la actualidad en la primera oportunidad de junio. Con anterioridad al curso 2019/2020 se resolvían todos los ejercicios gráficamente a mano y se obtenían resultados analíticos con ayuda exclusiva de

una calculadora científica. En cambio, desde el curso académico 2021/2022 se introdujo AutoCAD y Excel como herramientas básicas de resolución de ejercicios, alcanzados unos conocimientos básicos de topografía a mitad de curso.

4. MÉTODOS PLANIMÉTRICOS

4.1 Intersección Inversa

"En la intersección directa, para levantar un punto se hace estación en los extremos de la base… En la intersección inversa se estaciona en el punto que ha de levantarse y no es necesario estacionar en los extremos" (García-Tejero, 1997)

El método de intersección inversa se generaliza para dotar al punto de estacionamiento de coordenadas, tras la colimación de los extremos de la línea base conocida, debido a la mejora en la precisión de la distancia horizontal de medida con las estaciones totales.

En la Tabla 1 se recogen los datos de las lecturas de campo, siendo conocida la base E1_R1. Tras la determinación de la posición R2, se traslada la estación a E2 desde donde se realiza la intersección inversa.

Tabla 1. Lecturas angulares y distancias medidas desde las posiciones E1 y E2 a dos puntos de referencia

Estación	Visado	Ángulo horizontal	Ángulo vertical	Distancia horizontal	m	I	Código
E1	301_R1	364,7362	115,704	13,06	0,30	1,62	Referencia
	302_R2	50,2118	110,1706	12,262	0,48	1,62	Referencia
E2	401_R2	161,54	78,875	11,658	2,63	1,62	Referencia
	402_R1	266,599	83,1234	9,846	2,45	1,62	Referencia

La resolución gráfica es muy simple, pues se determina el punto de estación mediante la intersección de dos circunferencias trazadas con centro en los puntos visados. Sin embargo, la resolución analítica requiere el cálculo de los ángulos interiores del triángulo, aplicando el teorema del coseno, siendo conocidos los lados, por medición de las distancias horizontales a sendos puntos de coordenadas preestablecidas.

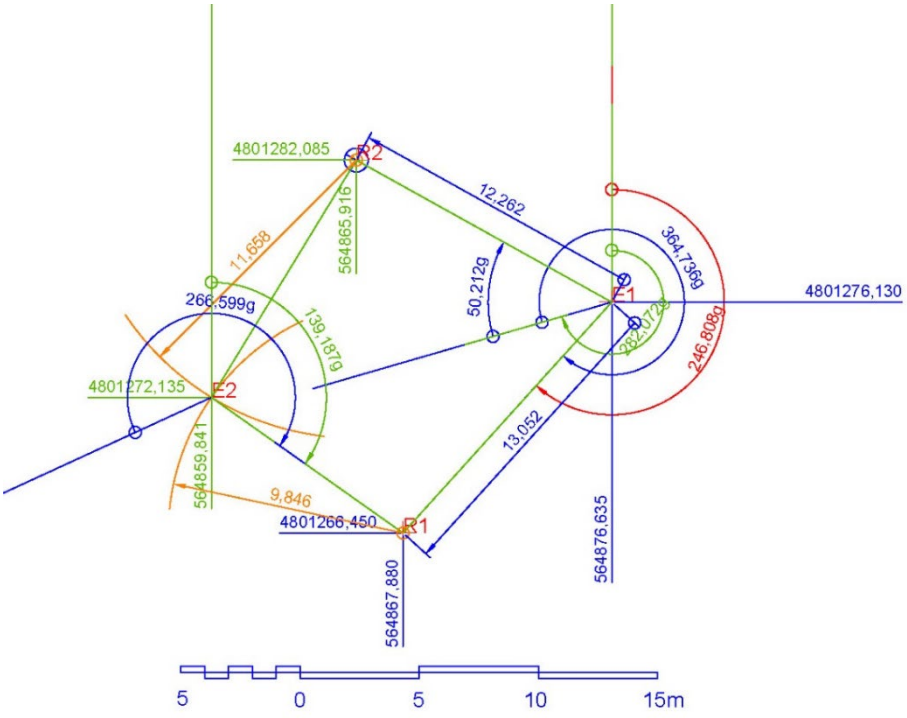


Figura 9 Intersección inversa realizada para el cálculo de la posición E2, conocidas las coordenadas de los puntos R1 y R2. Representación a escala 1/300

4.2 Itinerario planimétrico. Método de poligonación

"Por causa de la distancia o de la visibilidad es difícil trasladarse de un vértice a otro con una sola radiación, por lo que hemos de encadenar sucesivas radiaciones. Bien con este fin o con el de densificar la red de vértices para su utilización posterior […] se recurre al método de itinerario o poligonación". (Carrero, 1996)

El itinerario planimétrico genera un polígono en el que se miden los ángulos interiores y las distancias de los lados, tras el estacionamiento del equipo topográfico en cada uno de sus vértices. Su resolución implica la compensación del error angular de medida y el error lineal.

El procedimiento analítico es laborioso y requiere establecer criterios de compensación de los errores obtenidos en el cálculo.

Tabla 2. Lecturas angulares y distancias medidas de los ejes de un itinerario planimétrico. Cálculo y compensación del error angular

Estación	P. visado	Ángulo horizontal (g)		Distancia horizontal (m)		Ángulo horizontal (g)		Ángulo interior (g)	
		cd	*ci*	*cd*	*ci*	*promedio*	*diferencia*	*giro*	*compensación*
V1	REF	254,087	54,085			254,086	0,001	254,075	
V1	V4	0,000	200,022	27,493	27,492	0,011	0,011	0,000	
	V2	81,181	281,200	45,953	45,946	81,1905	0,009	81,180	81,168
V2	V1	0,000	199,995	45,952	45,954	-0,0025	0,002	0,000	
	V3	118,997	318,997	83,691	83,691	118,997	0,000	119,000	118,988
V3	V2	0,000	199,975	83,641	83,700	-0,0125	0,013	0,000	
	V4	35,869	235,866	82,428	82,432	35,8675	0,001	35,880	35,869
V4	V3	0,000	199,995	82,441	82,419	-0,0025	0,002	0,000	
	V1	163,983	363,983	27,471	27,472	163,983	0,000	163,986	163,974
							suma	400,045	400,000

En la Tabla 2 se recoge un ejemplo de las lecturas angulares realizadas en los círculos directo e inverso, su promedio Bessel, así como el cálculo del ángulo interior de los lados del polígono. El error angular e_θ en un recorrido cerrado se obtiene por diferencia entre la suma de los ángulos interiores α_i respecto del valor exacto, siendo N el número de vértices:

$$e_\theta = \Sigma\alpha_i - 200\ (N-2) = 0{,}045g \qquad (1)$$

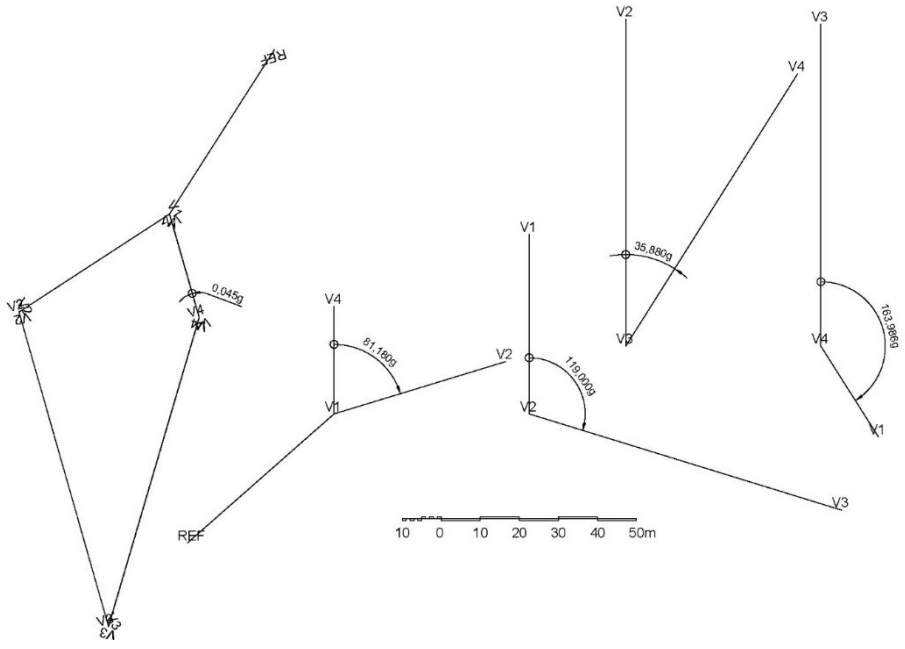


Figura 10 Error angular medido gráficamente. Representación a Escala 1/1500

La figura de la izquierda se compone de los ángulos representados a la derecha, realizado el cálculo del promedio Bessel, trasladados y girados. El promedio Bessel se calcula corrigiendo el ángulo leído en CI con ±200g:

$$Lh_{Bessel} = \frac{Lh_{CD}+Lh_{CI} \pm 200g}{2} \qquad (2)$$

Tabla 3 Orientaciones de los ejes y distancias promedio. Cálculo de las coordenadas relativas compensadas

Estación	P. visado	Desorientación /orientación (g)		Distancia horizontal (m)		Coordenadas relativas		Coordenadas relativas compensadas	
		desorienta.	*orienta.*	*promedio*	*desviación*	*x*	*y*	*x'*	*y'*
V1	REF	182,141	36,216					992,721	1552,613
V1	V4	182,141	182,141						
	V2		263,309	45,951	0,011	-38,529	-25,041	-38,538	-25,041
V2	V1	63,309	63,309						
	V3		182,298	83,681	0,003	22,970	-80,466	22,961	-80,466
V3	V2	382,298	382,298						
	V4		18,167	82,430	0,023	23,204	79,097	23,195	79,097
V4	V3	218,167	218,167						
	V1		382,141	27,482	0,008	-7,609	26,408	-7,618	26,409
				Suma:	e. lineal	0,037	-0,003	0,000	0,000

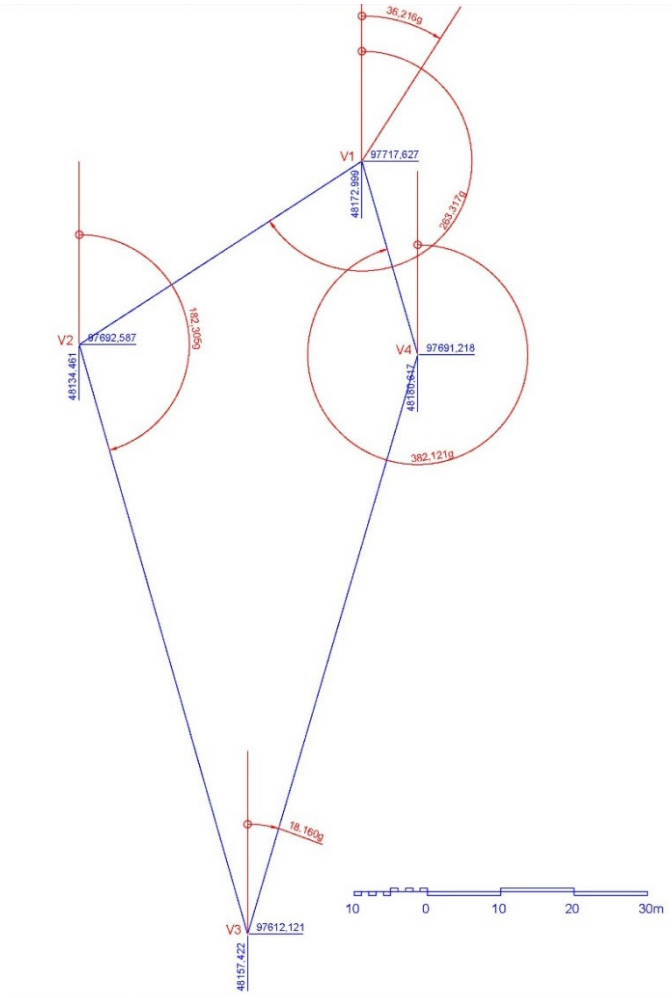


Figura 11 Coordenadas del polígono y orientaciones de los ejes resultantes. Representación a escala 1/1000

5. MÉTODOS ALTIMÉTRICOS

5.1 Método del punto medio

El método del punto medio se basa en la corrección de la esfericidad terrestre, la refracción atmosférica y la inclinación de la visual horizontal, cuando el operador sitúa el instrumento a distancias similares respecto de sendas miras colocadas verticales en los puntos donde se pretende obtener el desnivel.

Realizado con un equialtímetro (nivelación geométrica), o bien con una estación total (nivelación trigonométrica). *"El equialtímetro alcanza mayor precisión en todos los casos y si el campo de visión es grande, próximo a la horizontal, es más rápido que la estación total"*. (Villena, 2001)

El desnivel se haya con ecuaciones simples; si bien, es frecuente la confusión en el orden de colocación de las lecturas a la hora de su cálculo, lo que genera errores inadmisibles de ejecución y falta de confianza entre el personal técnico.

La ecuación general de nivelación trigonométrica establece el desnivel obtenido ΔZ_A^B por diferencias entre las alturas de horizonte t y las alturas de mira m de los puntos extremos:

$$\Delta Z_A^B = t_B - t_A + m_A - m_B \qquad (3)$$

Siendo: $t = \frac{Dh}{\tan Lv}$ (4)

5.2 Itinerario altimétrico

Cuando los puntos entre los cuales se pretende obtener un desnivel se encuentran muy alejados, se plantea un recorrido con puntos de paso más cercanos, entre los que sí es viable la nivelación simple, con doble lectura de espalda y frente.

La suma de todos los desniveles encadenados conlleva al cálculo del desnivel total, sabiendo que éste ha de ser próximo a cero en un recorrido cerrado.

Es costumbre el cálculo del desnivel por estaciones recíprocas, aun cuando en éstas se inducen errores en la determinación de la altura del instrumento. *"La nivelación trigonométrica compuesta está unida al itinerario planimétrico, que se realiza de forma conjunta"*, (Torío & Piña Patón, 1996) siendo ésta la razón única del establecimiento de este método.

Tabla 4 Lecturas de campo de un itinerario altimétrico

Estación	P. Visado	Ángulo vertical (g)		Distancia horizontal (m)		Alturas (m)	
		cd	ci	cd	ci	m	i
V1	V4	97,907	302,089	27,493	27,492	1,41	1,47
	V2	105,665	294,301	45,953	45,946	1,41	1,47
V2	V1	94,641	305,350	45,952	45,954	1,41	1,61
	V3	90,874	309,128	83,691	83,691	1,41	1,61
V3	V2	109,375	290,621	83,641	83,700	1,41	1,56
	V4	105,695	294,304	82,428	82,432	1,41	1,56
V4	V3	94,509	305,492	82,441	82,419	1,41	1,55
	V1	101,423	298,573	27,471	27,472	1,88	1,55

En AutoCAD puede representarse el recorrido a escala natural con los ángulos verticales, distancias, altura de mira, de instrumento, altura de horizonte, desniveles y cotas o altitudes, acotados para comprobar la veracidad de los resultados obtenidos.

El desnivel promedio se obtiene entre sendos desniveles; su sumatorio expresa el valor del error medido en un itinerario cerrado, el desnivel conocido en uno encuadrado. Su reparto obedece entre los diferentes desniveles da como resultado los desniveles compensados y el establecimiento de unas cotas o altitudes definitivas.

Tabla 5 Cálculo de los desniveles en un itinerario altimétrico

Estación	P. Visado	Ángulo vertical (g)		Distancia horizontal (m)		Desnivel (m)				Cota (m)
		Prom.	Dif.	Prom.	Dif.	t	z	Prom.	Dif.	Z
V1	V4	97,909	0,002	27,493	0,000	0,903	0,963			
	V2	105,682	0,017	45,950	0,004	-4,112	-4,052	-4,063	0,011	115.089
V2	V1	94,6455	0,004	45,953	0,001	3,874	4,074			
	V3	90,873	0,001	83,691	0,000	12,081	12,281	12,273	0,009	127.362
V3	V2	109,377	0,002	83,671	0,029	-12,414	-12,264			
	V4	105,6955	0,001	82,430	0,002	-7,394	-7,244	-7,256	0,012	120.106
V4	V3	94,5085	0,001	82,430	0,011	7,128	7,268			
	V1	101,425	0,002	27,472	0,000	-0,615	-0,945	-0,954	0,009	119.152
							e. cota	0,000		

En la figura 4 se representa el recorrido y las lecturas realizadas desde los vértices intermedios V2 y V4, no afectados de la falta de precisión en la medida de la altura del instrumento. Se representa realzado, sin embargo, se prefiere la escala natural para medir y comprobar los ángulos cenitales. A la cota vertical medida en V3 únicamente falta corregirla con la parte proporcional del error en Z.

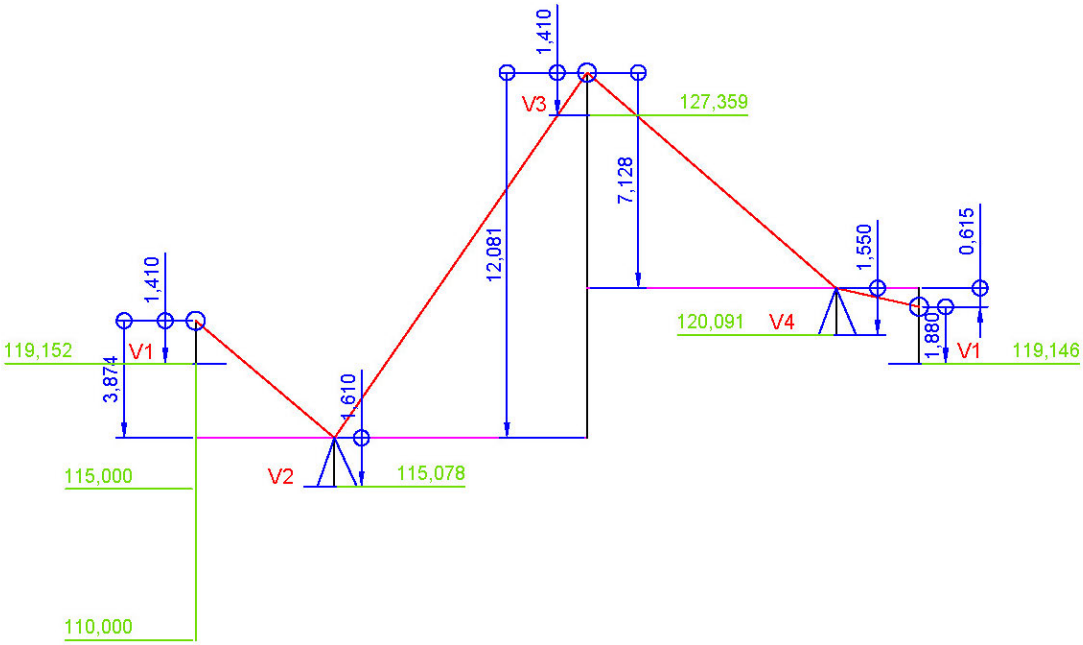


Figura 12 Representación del itinerario altimétrico realzado, desde las posiciones V2 y V4, por nivelación trigonométrica. Escala vertical 1/250; escala horizontal 1/2500

El error de cierre se obtiene acotando la distancia vertical entre las posiciones final e inicial de V1 (6mm). Su compensación en el punto V3 arroja el mismo resultado anterior, a pesar de resolverlo gráficamente utilizando únicamente la mitad de las lecturas.

6. PRUEBAS DE EVALUACIÓN

6.1 Sin herramientas digitales, hasta el curso 2018/2019

La parte principal de la prueba de evaluación de la materia de topografía en la escuela de Arquitectura Técnica de A Coruña ha versado sobre la comprensión de los métodos planimétricos y altimétricos, con un 70% de la calificación los primeros y un 30% los segundos.

Los alumnos se enfrentaban a un listado de lecturas de campo aportadas y se les requería el cálculo de coordenadas cartesianas de unos puntos destacados, así como desniveles y cotas.

Durante años, los estudiantes realizaron procedimientos de cálculo más o menos complejos en base a diferentes metodologías estudiadas. Debían interpretar los datos, realizar croquis a mano con las lecturas y comprobar los resultados obtenidos matemáticamente.

La tasa de éxito, entendida como la relación entre el número de alumnos que supera la materia, frente al matriculado, promediada entre los cursos 2013/2014 y 2018/2019, fue del 33% en la convocatoria de junio. Asciende al 50% si se compara con los alumnos que se presentan al examen. Si bien se aprecia un descenso paulatino en el número de alumnos matriculados, las tasas de éxito relativo son similares.

Tabla 6. Resultados en la asignatura de Topografía del Grado en Arquitectura Técnica de la UDC. Convocatoria de junio

trienio	matriculados	no presentados	suspensos	aprobados	% aprobados/ matriculados	% aprobados/ presentados
2013/2016	116	36	41	39	36	50
2016/2019	43	17	13	13	31	51
2019/2022	26	5	1	19	77	93
2022/2025	25	4	6	15	62	73

6.2 Con herramientas digitales, desde el curso 2022/2023

La prueba de evaluación se ha mantenido desde el curso 2019/2020, si bien ha estado muy alterada como consecuencia de la pandemia, y sobre todo por la imposición de una evaluación a distancia en junio de 2020. Los años posteriores el docente incluyó más trabajos de grupo que fueron reduciendo su peso de manera paulatina hasta cubrir únicamente el 20% de la calificación.

Desde el curso 2022/2023 se introdujeron herramientas digitales en la explicación y desarrollo de problemas topográficos; si bien, únicamente desde el curso 2023/2024 se permitió la utilización de ordenadores durante la evaluación. En cualquier caso, a los alumnos se les pidió la resolución de problemas topográficos de manera gráfica y analítica.

La tasa de éxito entre los cursos 2022/2023 y 2024/2025 ha sido de un 62% de los alumnos que superaron la materia, en relación al número estudiantes matriculados en la asignatura; de un 73% respecto de los estudiantes presentados a la prueba de la evaluación, en la convocatoria de junio.

7. RESULTADOS

La utilización de un programa de AutoCAD permite la realización de procedimientos gráficos para la obtención de coordenadas precisas. La programación en una hoja de cálculo se utiliza para la comprobación de los resultados gráficos. La croquización a mano sirve para la obtención de coordenadas aproximadas en metros.

La tasa de éxito en el trienio 2022/2025 se incrementó un 100% si se toma como referencia el número de alumnos matriculados; un 50% si se compara con los alumnos que se enfrentan a la prueba de aptitud. Los exámenes plantearon problemáticas similares, por lo que el resultado se aprecia significativo a pesar de que la población de estudio es reducida.

8. CONCLUSIONES

La utilización de un programa de CAD permite la realización de procedimientos gráficos para obtención de coordenadas precisas. La programación en una hoja de cálculo permite la comprobación de los resultados gráficos, invirtiendo el procedimiento anteriormente utilizado por el docente hace una década: comprobación del proceso de cálculo mediante el dibujo a mano, impreciso y limitado por la escala de representación.

La introducción de herramientas digitales de uso común como CAD y Excel en una asignatura de segundo curso como topografía permite al alumno desarrollar habilidades; si bien conlleva una merma en las capacidades de cálculo y desarrollo matemático.

Se aprecia un mayor rigor en el resultado obtenido, una mejor visualización del ejercicio, un mayor control de los errores de cálculo cometidos, y en resumen un mayor éxito de cara a la resolución de problemas topográficos.

Por el contrario, el manejo de ordenadores durante la realización de una prueba de evaluación permite al alumno saltarse las normas éticas de compromiso de realización del examen de manera autónoma. No están preparadas las aulas de informática debidamente puesto que se fomenta la interconexión y no el trabajo individual, lo que constituye una dificultad inasumible para el docente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Carrero, J. (1996). *Topografía General de aplicación a geodestas militares.* Madrid: Ministerio de Defensa. Secretaría General Técnica.

García-Tejero, F. D. (1997). *Topografía general y aplicada.* Madrid: Mundi-Prensa.

Torío, R. F., & Piña Patón, B. (1996). *Topografía aplicada a la ingeniería.* Santander: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Instituto Geográfico Nacional.

Villena, I. d. (2001). *Topografía de Obras.* Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

METAVERSO ETSIE

METAVERSE ETSIE

José M. Gandía-Romero*[1], Fernando Cos-Gayón López[1], Josep R. LLiso-Ferrando[1], Ana Martínez-Ibernón[1], Adrián Llorca Sanchis[2], Jalal Saadi[2], Milagro Iborra Lucas[1]

[1] Universitat Politècnica de València, Depto. de Construcciones Arquitectónicas
[2] Imhotep Studio
*corresponding author: joganro@csa.upv.es

RESUMEN

El METAVERSO_ETSIE es una innovadora iniciativa educativa desarrollada por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE) de la Universitat Politècnica de València (UPV). Se trata de un entorno de aprendizaje basado en el metaverso, diseñado para mejorar las competencias de los estudiantes mediante experiencias inmersivas e interactivas. Su objetivo es proporcionar una herramienta educativa coordinada que se ajuste a las demandas actuales del sector, impulsando la transformación digital en el ámbito de la ingeniería de edificación. A través de entornos virtuales, ofrece a los estudiantes una plataforma para desarrollar habilidades prácticas en un contexto simulado pero realista, preparándolos para afrontar los desafíos cambiantes del sector de la construcción. Tiene como objetivos motivar a los alumnos, fomentar el autoaprendizaje, reforzar la adquisición de conocimientos previos, favorecer la adquisición de "visión espacial" y dinamizar el proceso de enseñanza-aprendizaje a partir del uso de las últimas tecnologías que permitan trabajar de forma inmersiva e interactiva. El proyecto se enmarca dentro de un Proyecto Institucional de Innovación y Mejora Educativa (PIME) de la Convocatoria Aprendizaje + Docencia 2024 de la UPV. En el artículo se describen las tareas y se muestran los resultados correspondientes a las acciones desarrolladas durante el primer año del proyecto relacionadas con el diseño, el modelado 3d y las simulaciones con las actividades que posibilitarán que el segundo año se hagan las implementaciones en grupos con alumnos y se habilite el acceso a través de una plataforma online.

Palabras clave: *Realidad Virtual, Metaverso, Construcción, Ingeniería de Edificación.*

ABSTRACT

The METAVERSO_ETSIE is an innovative educational initiative developed by the Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE) at the Universitat Politècnica de València (UPV). It serves as a metaverse-based learning environment designed to enhance students' competencies through immersive and interactive experiences. It aims to provide a coordinated educational tool that aligns with current industry demands, fostering digital transformation within the field of building engineering. By leveraging virtual environments, it offers students a platform to develop practical skills in a simulated yet realistic context, preparing them for the evolving challenges of the construction sector. The project aims to motivate students, promote self-learning, reinforce the acquisition of prior knowledge, enhance the development of "spatial vision" and energize the teaching-learning process by encouraging the use of the latest technologies that enable immersive and interactive work. The project is part of an Institutional Project for Innovation and Educational Improvement (PIME) under the 2024 Learning + Teaching Call of the UPV. This article describes the tasks and presents the results corresponding to the actions carried out during the first year of the project, related to design, 3D modeling, and simulations with activities that will enable, in the second year, implementations with student groups and access through an online platform.

Keywords: Virtual Reality, Metaverse, Construction, Building Engineering.

1. INTRODUCTION

The digitalization of the university environment has marked a turning point in teaching and learning methods in higher education. This technological transformation has prompted a rethinking of how content is delivered to ensure that students acquire the necessary competencies for their future professional degrees. In this context, a call for Educational Innovation: "Learning + Teaching" (L+T), was promoted by five Vice-Rectorates: "Faculty and Academic Planning," "Planning, Academic Offer and Digital Transformation," "Organization, Studies, Quality, Accreditation and Languages," "Students and Entrepreneurship," and the Vice-Rectorate for "Internationalization and Communication." As part of the competitive L+T calls, the "Call for Educational Innovation and Improvement Projects" (PIME) was launched. The School of Building Engineering (ETSIE) at the Universitat Politècnica de València (UPV) has promoted one institutional project on Educational Innovation and Improvement (PIME 2024–2026) called METAVERSO_ETSIE. This project focuses on the development of an educational metaverse as a methodological tool to enhance the teaching-learning process. This paper presents the progress made during the first year of the project.

In recent years, the metaverse has become a consolidated digital paradigm that merges physical and virtual environments, primarily through technologies such as virtual reality (VR) and augmented reality (AR). The use of the metaverse represents a radical transformation in the way individuals interact, learn, and create within shared three-dimensional digital spaces (Mystakidis, 2022). In the educational field, the incorporation of the metaverse as a training tool has grown significantly, especially after the COVID-19 pandemic, which accelerated the digitalization of higher education (Cai, 2024).

Recent studies have shown that immersive environments enhance motivation, engagement, and the acquisition of practical skills, particularly in technical disciplines such as engineering, design, and architecture (Abdullah et al., 2025; Mustafa, 2022). These tools enable the simulation of construction contexts, management of collaborative projects, and visualization of realistic 3D models with which users can interact (Lee et al., 2024). However, certain limitations are also acknowledged, including technological challenges, implementation costs, and the need for specific teacher training (Kye et al., 2021).

From the academic perspective of architectural technology, the metaverse offers an opportunity to rethink educational spaces by integrating active methodologies into hybrid, dynamic, and participatory learning environments. In this context, ETSIE joins this trend by developing a metaverse focused on teaching, reinforcing the role of both students and teachers as active participants in an interconnected digital environment. This metaverse aims to become an innovative pedagogical platform where teachers and students can interact in simulated spaces, developing technical and transversal skills within a safe, engaging, and technologically advanced environment. This paper outlines the progress achieved during the project's first year, which focused on the design, modeling, and prototyping of the initial three-dimensional scenarios that will form part of ETSIE's educational metaverse.

2. OBJECTIVES

The overall purpose of the METAVERSO-ETSIE project is to implement an immersive environment that serves as a cross-disciplinary learning space for students in the Bachelor's Degree in Building Engineering. The aim is not only to foster students' spatial awareness, but also to stimulate motivation, promote self-directed learning, and facilitate content assimilation. Additionally, the project seeks to boost academic performance, prevent dropout, and contribute to educational excellence.

Within the framework of this general objective, the specific goals for the first year of the project were as follows: to identify international experiences and best practices in the use of virtual environments applied to teaching in architecture, engineering, and related disciplines; to analyze the specific needs of the teaching staff involved—organizational, technical, and pedagogical—in order to ensure the pedagogical coherence of the environment to be developed; to define the priority virtual spaces to be modeled; and to develop the three-dimensional modeling of the defined scenarios, with special emphasis on construction elements linked to the "Construction" courses within the degree program.

3. METODOLOGY

The methodology employed during the first year of the project was structured around two tasks: a review of the state of the art regarding the use of virtual environments and immersive reality in higher education, and the initial development of the three-dimensional model that will make up the ETSIE metaverse. Both lines were approached from a collaborative and interdisciplinary perspective, involving faculty members from various courses within the Bachelor's Degree in Building Engineering, as well as experts in 3D modeling and interactive environment development.

A bibliographic and documentary review was carried out to identify projects, success cases, and best practices related to the application of immersive technologies in university teaching. Academic databases, university repositories, and institutional documents related to educational innovation were consulted. Special attention was given to experiences from leading institutions such as Stanford University, Harvard University, the Massachusetts Institute of Technology (MIT), University College London (UCL), and Helsinki University, among others.

In parallel, working sessions were held with participating faculty to collaboratively define the pedagogical requirements of the virtual environment to be developed. This process was essential to ensure that the modeled spaces addressed actual teaching needs. Tools such as semi-structured interviews, group meetings, and internal questionnaires were used to gather information on:

- Common difficulties identified among students (particularly in technical subjects)
- Course content that could benefit from 3D or immersive representation,
- Current limitations in physical learning resources (labs, site visits, models, etc.)
- Proposals for scenarios, construction elements, and real-life construction situations to be represented in the metaverse.

Once the needs framework was defined, the team moved on to the conceptual design and modeling of the first 3D environments of the metaverse. Two priority contexts were selected: the ETSIE institutional space, and construction scenarios serving as pilot environments simulating works in progress and model exhibitions. Both settings were modeled with a high degree of realism and construction detail, including actual areas of the building and structural-phase construction sites designed for cross-disciplinary learning activities. Software tools such as Autodesk Revit and Archicad were used to generate 3D geometry, apply textures, set up lighting, and perform basic rendering.

The models were created in editable formats and exported as executable files (.exe) for offline viewing, allowing for progressive validation by the teaching team. Future scalability of the project and its integration into additional courses were also considered. During the validation phase, pilot review sessions were conducted in which participating faculty members identified improvements and made proposals for expansion to be implemented in the next project phase.

4. RESULTS

The study conducted through the bibliographic analysis concluded that the metaverse is a highly promising resource in higher education, particularly in fields such as engineering and architecture. As an immersive tool, it enhances spatial awareness, supports three-dimensional interactivity, and enables users to experiment with virtual environments. These areas of knowledge demand strong visual and spatial resources, and the metaverse not only allows for the representation of projects and constructions, but also provides an enriched cognitive experience in which students can navigate, manipulate, and collaborate within digital environments featuring precisely modeled materials, components, and construction systems or execution processes. Another key aspect highlighted in numerous studies is the integration of complementary technologies such as augmented reality (AR), virtual reality (VR), and Building Information Modeling (BIM), especially in hands-on practice and self-directed learning activities. Additionally, the metaverse supports greater equity in access to complex educational experiences, particularly in contexts where site visits, in-person workshops, or physical laboratories are not feasible.

The word cloud in Fig. 1 visually represents the most relevant concepts identified from the analysis of conclusions found in the reviewed literature on the use of the metaverse in higher education. The term “spatial awareness” stands out, reflecting its key role in the development of essential cognitive skills for

interpreting three-dimensional models, construction plans, and simulated environments. Following this, concepts such as immersion, learning, and virtual reality occupy prominent positions, highlighting the importance of immersive educational experiences that go beyond traditional expository methods. Terms such as interactivity, simulation, collaboration, and innovation also appear frequently, indicating a shift toward active methodologies, student engagement, and cooperative work in virtual environments. Finally, terms like AR, BIM, prototypes, instructor, avatar, and virtual laboratories illustrate the wide range of technological resources and methodological approaches that converge within this environment.



Figure 1. Nube de palabras obtenida a partir de las conclusiones de los trabajos bibliográficos analizados

A SWOT analysis is also included below as a summary of the conclusions drawn from the bibliographic review (Table 1).

Table 1. SWOT analisys

Strengths	**Weaknesses**
Immersion and realistic simulation of architectural environments	Need for technological infrastructure (hardware and connectivity)
Student motivation and active participation	Training for teaching staff
RA, RV and BIM Integration	Lack of specific pedagogical standards
Cost and risk reduction in specific practical activities	Available places for specific activities (first-person visits using VR headsets)
Opportunities	**Threats**
Interdisciplinarity and global collaboration	Rapid obsolescence of platforms and devices
Inclusion of students in simulated environments without geographical barriers	Digital divide and exclusion due to lack of access
Promotion of active and innovative methodologies	Dependence on private and/or commercial platforms
Boost of the teaching role as a guide in virtual environments	Need to train teachers in the use of these technologies

Based on the analysis of various websites and studies related to experiences gathered from internationally renowned universities (such as Stanford, Harvard, ETH Zürich, TU Delft, UCL, among others), the potential of immersive virtual environments as high-impact pedagogical tools can be highlighted. In this context, the following table summarizes a set of learning activities that can be developed within an academic metaverse, aligned with the professional competencies required in architecture and engineering (see Table 2).

Furthermore, the metaverse not only represents an innovation in technical teaching, but also a valuable extension of academic and administrative services within the university environment. Several pioneering universities in the adoption of virtual environments—such as Arizona State University, the University of British Columbia, the National University of Singapore, and UCLA—have begun to integrate immersive spaces that replicate key functions of their physical campuses. Virtual libraries, digital information offices, guided tours for new students, or personalized tutoring rooms in VR are just a few examples of how the metaverse can facilitate access to information, enhance the student experience, and improve the efficiency of university services.

The following section summarizes a series of activities and resources focused on institutional management, academic orientation, personal support, and social interaction, which can be integrated into an educational metaverse. These proposals aim to create comprehensive environments in which learning,

consulting, interacting, and growing—both personally and professionally—are part of the same immersive experience (see Table 3).

Table 2. Most relevant learning activities identified for the project

Learning Activity	Description
Exploration of virtual spaces	Spatial understanding
Virtual construction processes	Simulation of phases/processes, error identification
Construction	Visualization of construction systems and technical details
Heritage/rehabilitation	Historical reconstruction in VR for study and dissemination
Health and safety	Training in risk scenarios without real danger
Collaborative design in VR/AR	BIM modeling, multidisciplinary teamwork
Structural simulations	Visualization of loads, stress and collapses
Digital twins	Real-time monitoring with IoT for predictive maintenance
Construction materials and quality	Quality control and material selection
Immersive teaching	Interactive classes and technical simulations in real time
Virtual laboratories	Access to materials and didactic resources (e.g., scale models)
Installations visualization	Visualization of elements and layout of building systems
Energy efficiency analysis	Simulations related to energy performance

Table 3. Most relevant information and/or service activities identified in the project

Information / Service Activity	Description
Virtual library	Access to books, journals, and digital collections
Concierge and services	Consultation of schedules, classrooms, and procedures in immersive mode
Campus tours	Guided visits and orientation for new students
Tutoring and academic support	Personalized meetings in virtual offices
Academic office	Virtual academic procedures and student services
Social spaces	Cafés, clubs, and gathering areas
Exhibition spaces	Immersive tours and exhibitions

On the first year of the project, several aspects considered relevant by the teaching staff for the implementation of the METAVERSE proposal were identified. It was essential that the initiative be both pedagogically meaningful and technically viable. As a result of this initial phase, a comprehensive 3D model of the ETSIE building was developed, incorporating its most representative spaces (classrooms, corridors, lobbies, and technical rooms), as well as virtual classrooms for “construction sites” and “model exhibitions.” Additionally, spaces defined in the master plan—such as the BIM classrooms scheduled for renovation—were included. The model was designed to be both modifiable and scalable, allowing for future updates based on evolving needs.

The virtual environment was developed with a high level of architectural and construction detail. The final model was compiled into an executable (.exe) file format, allowing it to run on standard computers without the need for an internet connection. This approach was selected to facilitate validation by teaching staff and to ensure future usability in settings with limited technological resources.

During the review process, faculty members responded positively, particularly highlighting the realism of the environment and the clarity of navigation. Among the most common comments were:

- The usefulness of visualizing construction details within a three-dimensional context.
- The potential to incorporate educational resources and interactive sequences into specific environments.
- The need to expand the variety of scenarios in future phases.

In addition, graphic materials and technical diagrams were developed to document the modeling process, the adopted visual standards, and potential improvements to be implemented in the programming phase. These resources will be included in the project's shared repository and will serve as a foundation for integrating the metaverse into other undergraduate courses.

The creation and modeling of the ETSIE metaverse was carried out in four key stages. First, a graphic representation of the building and its surroundings was produced using DWG-format plans (AutoCAD). Based on this foundation, a detailed 3D model was generated using software such as Revit, Archicad, or SketchUp, incorporating construction elements and custom equipment. The third phase focused on optimizing this model in Unreal Engine 5, where textures, movable components, and the ability to explore the environment in first- or third-person view were added—resulting in a highly immersive and realistic experience.



Figure 2. Creation and modeling stages of the ETSIE metaverse (left). model images (right)

The images in Figure 2 (right) reflect the high level of fidelity with which the physical environment of the ETSIE building has been recreated, including exterior areas, common spaces, and access to various facilities. Figure 3 (left) shows a virtual reproduction of the model room, which allows for the interactive visualization and manipulation of three-dimensional models (Figure 3, right). In Figure 4, a top-down view of the virtual “shallow foundations” construction site is displayed, along with an image showing a user (via VR headset) interacting with the environment and accessing technical information in real time.



Figure 3. Images of the model exhibition room (left) and three-dimensional visualization of one of the displayed models



Figure 4. Image of the .bimx file generated from the virtual foundations project and screenshot of first-person navigation through one of the construction phases

5. CONCLUSIONS

The progress achieved during the first year of the METAVERSO ETSIE project highlights the transformative potential of immersive technologies applied to university teaching. Virtual reality, when combined with active methodologies, enables the overcoming of traditional limitations associated with two-dimensional learning resources, facilitating spatial understanding, construction analysis, and the connection between theory and practice. Through interaction with three-dimensional models, students can simulate construction processes, identify errors, anticipate technical decisions, and take an active role in their own learning.

The collaborative work among instructors from different subjects has enabled the project to be developed in a cross-disciplinary manner, promoting content integration, methodological coherence, and future scalability of the generated environments. This approach has also supported alignment with the educational objectives of the Technical Architecture degree, contributing to the development of both specific and transversal competencies such as analytical thinking, decision-making, autonomy, creativity, and technical visual communication. The direct involvement of faculty in defining virtual scenarios and continuously evaluating the 3D design has validated not only the technical feasibility of the project but also its pedagogical relevance. This has been essential to ensure that the developed environments respond to real classroom needs and can be used as support tools across different courses in the curriculum.

During this first year, key learning activities and institutional services have been identified, a detailed model of the ETSIE building has been created, and virtual environments such as construction sites, exhibition halls, and interactive tours have been incorporated. This has established the foundation for the second year of the project, which will focus on functional development and integration with teaching platforms. Planned advancements include programming interactive menus, avatar-based navigation, incorporating gamified dynamics, enabling online access, and launching pilot experiences with students from several courses.

REFERENCES

Abdullah, N. H. I., Nincarean Eh Phon, D., Zulkifli, N. S. A., Sahadun, N. A., Mohd Zin, N. A., Mohamad, A. & Andek Jelantek, A. N. H. (2025). The impact of virtual reality on student engagement and learning outcomes in technological learning environment – A SWOT analysis. *International Journal of Advanced Science, Engineering and Information Technology, 15*(3), 708-717. https://doi.org/10.18517/ijaseit.15.3.12654.

Cai, C. (2024). Research on the effectiveness of metaverse-based learning in business courses: A systematic review. *Journal of Education and Educational Research, 7*(2), 251-257. https://doi.org/10.54097/mnanpn41

Chen, J., Fu, Z., Liu, H. & Wang, J. (2024). Effectiveness of virtual reality on learning engagement. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies, 19*, 1-14. https://doi.org/10.4018/IJWLTT.334849.

Kye, B., Han, N., Kim, E., Park, Y. & Jo, S. (2021). Educational applications of metaverse: Possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions, 18*, 32. https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32.

Lee, L. H., Braud, T., Zhou, P. Y., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C. & Hui, P. (2024). All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction, 18*(2-3), 100-337. https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.05352.

Mustafa, B. (2022). Analyzing education based on metaverse technology. *Technium Social Sciences Journal, 32*, 278-295. https://doi.org/10.47577/tssj.v32i1.6742.

Mystakidis,S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia,2*(1), 486-497. https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031

AKNOWLEDGES

Universitat Politècnica de València, “Convocatoria aprendizaje + docencia (A+D) 2024”: **PIME/24-25/414**

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN GEOMETRÍA DESCRIPTIVA

INTEGRATING BIM METHODOLOGY IN DESCRIPTIVE GEOMETRY

Amparo Bernal López-Sanvicente[(1)], Ignacio Camarero Julián[(2)], Álvaro Alonso Díez[(3)]

[1] Universidad de Burgos, Burgos, España, amberlop@ubu.es
[2] Universidad de Burgos, Burgos, España, vabot@ubu.es
[3] Universidad de Burgos, Burgos, España, alvaro.alonso@ubu.es

RESUMEN

Los contenidos de la asignatura de Geometría Descriptiva en las Escuelas de Arquitectura Técnica e Ingeniería de Edificación en España se han ido renovando con la incorporación de los medios de representación digital. Desde hace años, el uso de las tecnologías digitales en la docencia de Geometría Descriptiva ha sido uno de los temas de reflexión y debate recurrentes entre el profesorado de Expresión Gráfica Arquitectónica en los congresos bienales que organiza la Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación.

Esta comunicación es el resultado del cambio conceptual que implica la incorporación del modelado 3D en la docencia de Geometría Descriptiva. Inicialmente, la introducción de los medios digitales supuso tan sólo un cambio de herramientas para el aprendizaje de los sistemas de representación, sustituyendo el dibujo a mano alzada por el uso de medios digitales. En la actualidad, la irrupción de la metodología BIM ha revolucionado el concepto de la generación de formas y volúmenes arquitectónicos, y, por tanto, de la docencia y el aprendizaje de los conocimientos de geometría necesarios para su representación.

Como resultado se expone un itinerario teórico-práctico para el aprendizaje de la geometría del modelado arquitectónico 3D que implica un cambio conceptual en la representación de los objetos tridimensionales para obtener un modelo tridimensional digital. Se trata de una nueva metodología que utiliza técnicas de representación propias del dibujo 3D digital que no son aplicables al resto de los sistemas de representación.

Palabras clave: *Geometría descriptiva, Modelado arquitectónico, Tecnologías digitales, BIM.*

ABSTRACT

The contents of the course of Descriptive Geometry in the Schools of Technical Architecture and Building Engineering in Spain has been updated with the incorporation of digital representation media. For years, the use of digital technologies in the teaching of Descriptive Geometry has been a recurring topic of critical reflection and discussion among Architectural Graphic Expression professors at the biennial conferences organized by the Association of Professors of Applied Graphic Expression in Building.

This paper is the result of the conceptual shift brought by the incorporation of 3D modeling in the teaching of Descriptive Geometry. Initially, the introduction of digital media merely meant a change in tools for learning representation systems, replacing freehand drawing with the use of digital media. Currently, the emergence of the BIM methodology has revolutionized the concept of generating architectural forms and volumes, and therefore, the teaching and learning of the geometric knowledge necessary for their representation.

The result is a theoretical and practical itinerary for learning the geometry of 3D architectural modeling. This involves a conceptual shift in the representation of three-dimensional objects to obtain a digital three-dimensional model. This is a new methodology that uses representation techniques specific for digital 3D drawing that are not applicable to other representation systems.

Keywords: *Descriptive geometry, Architectural modeling, Digital technologies, BIM.*

1. INTRODUCCIÓN

La Geometría Descriptiva es una de las asignaturas básicas en el Grado de Arquitectura Técnica en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos. Sus contenidos se han ido renovando con el objetivo de presentar a los estudiantes una geometría aplicada a la resolución de problemas prácticos de la arquitectura y la edificación. La incorporación de las nuevas herramientas digitales ha favorecido esta transformación y también ha condicionado en parte su evolución, dado que han surgido nuevos conceptos tridimensionales que la Geometría Descriptiva debe resolver dado que es la herramienta gráfica más rigurosa para resolver cualquier problema geométrico arquitectónico (Gentil Baldrich, 1983).

Desde hace unos años, el Área de Expresión Gráfica Arquitectónica de la Universidad de Burgos está comprometida con la docencia de BIM (Modelado de Información de Construcción) en todas las asignaturas del área para facilitar que el proceso de incorporación de la metodología BIM en el resto de las asignaturas del grado (Bernal & Rodríguez, 2018). Varios estudios coinciden en afirmar que es importante que el alumnado se familiarice con la metodología BIM desde el primer curso (Sacks & Barak, 2010). En este sentido, hasta ahora, la asignatura de Geometría Descriptiva que se imparte en el primer semestre del grado se había quedado al margen del proceso, por lo que actualmente estamos preparando los recursos docentes que inicien al alumnado en la metodología BIM también en Geometría Descriptiva.

En la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos se han ido incorporando como prácticas docentes para el aprendizaje de la Geometría Descriptiva el estudio de casos de la arquitectura construida o de elementos de diseño de interiorismo donde se aplican los conocimientos de geometría para representar su representación, y así poder profundizar en las relaciones geométricas de todos sus elementos.

En esta comunicación se presenta una parte de esa evolución que consistirá en ampliar el contenido de algunas de las prácticas que actualmente se realizaban en sistema axonométrico y se modelaban en Sketchup transformándolas en prácticas de geometría BIM.

2. OBJETIVOS

La enseñanza de geometría en BIM implica integrar el modelado 3D con la información relevante para realizar un proyecto de construcción. La geometría BIM va más allá de la representación visual, ya que incorpora datos y parámetros que definen las características físicas y funcionales de los elementos. El principal objetivo para introducir BIM en Geometría Descriptiva es añadir a la representación digital de objetos constructivos esta nueva dimensión de propiedades y relaciones utilizando software especializado y metodologías colaborativas.

El objetivo general de esta comunicación es diseñar un itinerario para el aprendizaje del modelado de geometría en BIM mediante conceptos teóricos y ejercicios prácticos que cumplan los requisitos que se especifican en la guía docente de Geometría Descriptiva en el Grado de Arquitectura Técnica en la Universidad de Burgos. En el diseño del itinerario se justifica el cumplimiento del programa y de los objetivos docentes. Asimismo, se concretará las aportaciones de este nuevo itinerario a la adquisición de las competencias transversales y específicas que debe adquirir el estudiante al cursar la asignatura.

Mediante una serie de ejercicios prácticos, el alumnado se familiarizará con la metodología BIM al mismo tiempo que se afianzan en las siguientes competencias transversales y específicas que detalla la guía docente: en la creatividad, en la resolución de problemas, en el análisis y conocimiento de la geometría espacial de los cuerpos, y en su capacidad para escoger y aplicar los distintos sistemas de representación espacial y las distintas herramientas digitales para la representación espacial (Universidad de Burgos, 2025)

Para alcanzar este objetivo, es preciso introducir al alumnado en los siguientes conceptos clave para el diseño de geometría BIM que a su vez servirán de introducción para trabajar en el entorno BIM en otras asignaturas:

Modelado 3D: La geometría es una herramienta necesaria para la creación de modelos tridimensionales de edificios, elementos constructivos y objetos BIM. Sin conocimientos de geometría descriptiva no es posible modelar y sin modelo no hay BIM (León & Pérez, 2018).

Geometría paramétrica: Se introducen los conceptos y herramientas que permiten definir y modificar objetos mediante parámetros, facilitando la adaptación a cambios y variaciones en el diseño. Los datos están

asociados a la geometría de un elemento BIM. La geometría tan sólo es una representación del objeto que puede integrar los datos de manera parcial o integral en función de las necesidades y requerimientos del proyecto (Camarero & Bernal, 2020).

Niveles de Desarrollo (LOD) y Niveles de Información (LOI): Los conceptos de LOD (Nivel de Desarrollo) y LOI (Nivel de Información) que describen el nivel de detalle y la información asociada a los elementos de un modelo 3D. LOD se enfoca en la información geométrica, mientras que LOI se refiere a la información no geométrica, como datos, parámetros y propiedades. Se enseña a representar los elementos constructivos con diferentes niveles de detalle, desde esquemas conceptuales hasta modelos completamente detallados.

Información no geométrica: Se enfatiza la importancia de asociar a la geometría datos relevantes de los elementos tales como materiales, acabados, costos, plazos de ejecución, datos técnicos para su utilización y planificación de ejecución, etc.

Colaboración: El proceso colaborativo de BIM promueve el trabajo en equipo y la coordinación entre diferentes disciplinas en el aula utilizando plataformas BIM, lo que permite introducir en el aula dinámicas de trabajo en equipo, asignación de distintos roles a cada miembro del equipo para fomentar su capacidad de compartir información y trabajar en conjunto de manera más eficiente que individualmente.

Software BIM: Existen varios softwares para modelar en BIM como Revit, ArchiCAD, Allplan, de los cuales para las prácticas de geometría BIM en el aula se utilizará el software Revit de Autodesk, por lo que será necesario familiarizar al alumnado con la terminología básica y las interfaces del programa del modelado de familias y del modelado de proyectos.

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del itinerario de Geometría BIM se han seleccionado tres ejercicios prácticos, de los cuales, el primero un elemento tridimensional en el que se aplican conceptos del modelado geométrico 3D (fig. 1), y los otros dos ejercicios son elementos escultóricos de distinta escala que por la claridad de su diseño geométrico se utilizan habitualmente como ejercicios prácticos de geometría en distintas escuelas: la silla Steltman diseñada por de Gerrit Rietveld en 1963 (fig. 2) y el monumento a los Partisanos situado en la ciudad de Segrate en Italia, diseñado por Aldo Rossi en 1965 (fig. 3).

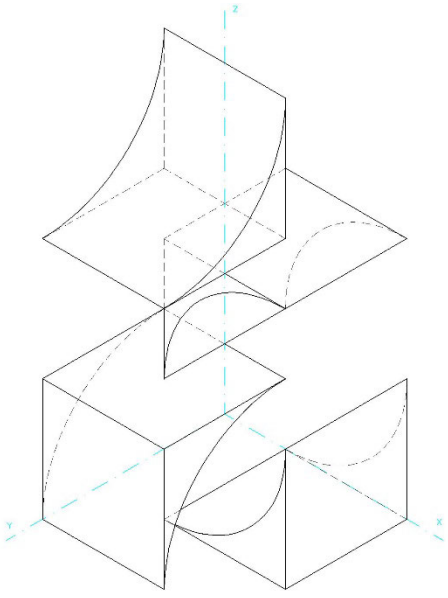


Figura 1. Axonometría de la figura.



Figura 2. Silla Steltman, Gerrit Rietveld, 1963.



Figura 3. Monumento a los Partisanos, Aldo Rossi, 1965.

La selección de las prácticas está planteada para introducir gradualmente al alumnado en las distintas opciones de modelado que nos ofrece Revit: el modelado de proyectos y en el modelado de familias. En la plataforma UBUVirtual de la asignatura se ha ido elaborando un repositorio con los recursos docentes necesarios para familiarizarse con la terminología propia y las herramientas principales de Revit en distintos formatos de video, texto, y presentaciones. También se facilita bibliografía especializada y direcciones web de las plataformas de arquitectura, blogs, etc., donde el alumnado puede encontrar información sobre la silla Steltman y el monumento a los partisanos.

3.1 Modelado BIM de un elemento escultórico

La figura tridimensional del ejercicio está formada por cuatro elementos iguales de base cuadrada con forma de sección de media caña. Dos de los elementos están apoyados en el plano horizontal y los otros dos superponen en altura sobre uno de ellos. Se trata de un ejercicio teórico en el que cada una de las piezas se genera por extrusión que es una de las herramientas de construcción volumétrica que el alumnado utiliza habitualmente para modelar en Sketchup (fig. 4).

Para modelar esta pieza se inicia el programa en la opción “Familias” con la creación de una nueva familia. Al seleccionar esta opción se abrirá una ventana emergente que nos ofrece la posibilidad de seleccionar un archivo de plantilla de familia que se identifica por tener la extensión “rft”. El programa tiene varias plantillas métricas disponibles que sirven de base a la creación de familias. Entre ellas escogeremos una plantilla métrica genérica, dado que el elemento que queremos modelar no encaja en ninguno de los tipos que nos ofrece el programa. Seleccionamos la plantilla denominada; “modelo genérico métrico.rft”. Una vez abierto el archivo de plantilla, para no modificarlo, guardamos el archivo como familia asignándole ya la ubicación y el nombre de nuestro ejercicio; modelo escultórico.

Los siguientes pasos de modelado siguen el esquema general de creación de familias:

1. Crear los planos de referencia que enmarcan las dimensiones del modelo siguiendo la documentación de los planos. Cada vez que se crea un plano de referencia debe nombrarse para identificarlos posteriormente.
2. Modelar la geometría aplicando las herramientas de modelado tridimensional que el alumnado ya conoce de otros programas como Sketchup; extrusión, fundido, barrido, unión, revolución, vaciado. En este caso, las piezas de sección de media caña se forman por extrusión de la sección.
3. El último paso sería la asignación de parámetros a los volúmenes creados. En este caso, dado que se trata de un ejercicio teórico, se simplifica la creación de la familia dando por terminado el proceso sin asignar datos al modelado geométrico.

Al guardar el ejercicio como familia quedará disponible para insertarlo en cualquier proyecto de Revit lo que nos permitirá visualizarlo en 3D y utilizarlo como elemento decorativo (fig. 5).

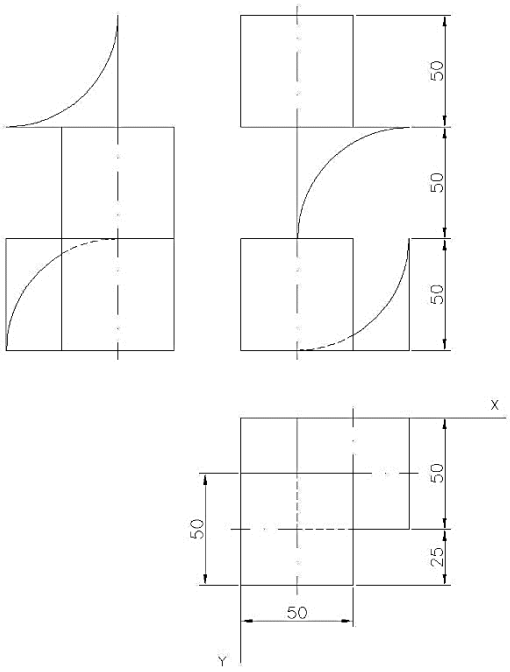


Figura 4. Definición de la figura en sistema diédrico.

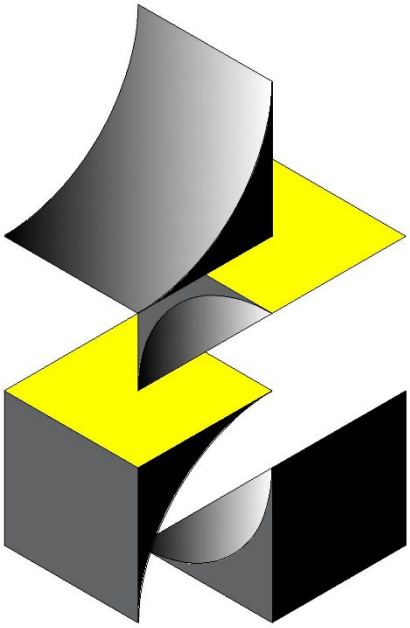


Figura 5. Imagen del modelado geométrico.

3.2 Modelado BIM de la silla Steltman

Dentro de la clasificación de elementos de Revit, la silla Steltman es un elemento de mobiliario no es un elemento constructivo del tipo pilares, suelos, muros, cubiertas, escaleras, etc. Los elementos constructivos en Revit conforman las familias del sistema, pero los elementos de mobiliario junto a otros componentes no esenciales del proceso constructivo son las denominadas familias cargables del programa, por lo que pueden diseñarse nuevos elementos de mobiliario que se cargarán en el programa cuando sea necesario incorporarlas la diseño.

Al igual que en el caso anterior, para modelar la silla Steltman se inicia el programa en la opción “Familias” con la creación de una nueva familia. Al seleccionar esta opción se abrirá una ventana emergente que nos ofrece la posibilidad de seleccionar un archivo de plantilla de familia que se identifica por tener la extensión “rft”. El programa tiene varias plantillas métricas disponibles que sirven de base a la creación de familias. Entre ellas escogeremos la plantilla métrica que más se adapte para la creación de una silla, que en nuestro caso es; “mobiliario métrico.rft”. Una vez abierto el archivo de plantilla, para no modificarlo, guardamos el archivo como familia asignándole ya la ubicación y el nombre de nuestro ejercicio; silla Steltman.

Los siguientes pasos de modelado siguen el esquema general de creación de familias:

1. Crear los planos de referencia que enmarcan las dimensiones de todos los componentes de la silla, nombrándolos de manera que sean fácilmente identificables. El modelo original tenía 45 cm. de ancho, 50 cm. de profundidad y 70 cm. de altura.
2. Modelar la geometría aplicando las herramientas de modelado tridimensional que el alumnado ya conoce de otros programas como Sketchup; extrusión, fundido, barrido, unión, revolución, vaciado. En este caso, sólo será necesario aplicar la extrusión debido a la simplicidad geométrica de la silla que está formada por elementos prismáticos ortogonales que se apoyan uno sobre el otro (fig. 6).
3. Asignar parámetros a los volúmenes creados. En este caso, el único parámetro que se asignará al elemento será el material de construcción. Originalmente, la silla estaba realizada en madera y tapizada en cuero artificial blanco, pero para simplificar el modelado, optaremos por reproducir la versión de la silla en madera que se realizó posteriormente y que es su versión más conocida.

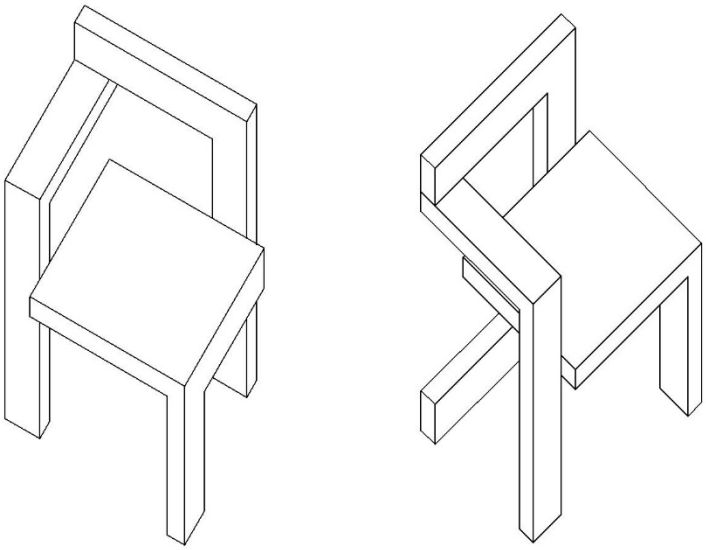


Figura 6. Imágenes del modelado geométrico de la silla Steltman.

3.3 Modelado BIM del Monumento a los Partisanos de Segrate, Italia

El Monumento a los Partisanos Segrate es una fuente que está formada por varios elementos geométricos que se superponen; una columna cilíndrica y un prisma sirven de basamento para una pieza prismática de sección triangular que forma la cubierta. En el interior del prisma están las escaleras y por el plano horizontal del prisma triangular de la cubierta discurre el agua de la fuente que se vierte sobre un estanque rectangular situado en dirección perpendicular a la fuente en la plaza. El monumento está realizado en hormigón visto lo que contrasta con el color rojo del pavimento de la plaza.

Independientemente de la escala, el monumento es una construcción arquitectónica por lo que su modelado BIM nos permitiría trabajar con el entorno de modelado de proyectos arquitectónicos que es más complejo que el modelado de familias. Para ello, al iniciar el programa se seleccionará la opción de modelo para crear un nuevo proyecto. Al seleccionar esta opción se abrirá una ventana emergente que nos ofrece la posibilidad de seleccionar un archivo de plantilla de proyecto. Se seleccionará la plantilla arquitectónica que el programa ofrece por defecto, salvo que se disponga de una plantilla personalizada.

El programa se abrirá con la interfaz de modelado de proyectos arquitectónicos. Dado que el objetivo de la práctica queda acotado al modelado de un elemento arquitectónico con función escultórica, sólo abordarán las explicaciones de las herramientas necesarias para su realización y visualización. El proyecto se dibujará en un único nivel y el modelado arquitectónico se desarrollará utilizando las familias de los elementos constructivos: muros, suelos, cubiertas y escaleras que se encuentran en la ficha Arquitectura de la interfaz.

Los siguientes pasos definen el esquema general del uso de elementos para el modelado arquitectónico:

1. El proyecto se realiza en una única vista por lo que nos cercioraremos de que sólo exista el nivel 0,0 en una de las vistas de alzado.
2. Comenzaremos a dibujar la fuente de acuerdo a la documentación gráfica de plantas y alzados que se estará disponible en UBUVirtual. En primer lugar, se dibujan las plataformas de basamento del cilindro y el prisma con el elemento “suelo arquitectónico”. Sobre el suelo se dibujarán los perímetros del prisma y el cilindro con el elemento “muro arquitectónico” definiendo su altura máxima.
3. El dibujo de la cubierta se realiza por extrusión de la sección triangular del prisma, aplicando así los conocimientos previos de construcción de modelado espacial.
4. Finalmente, se realiza el modelado de la escalera in situ de un solo tramo con una losa de descansillo final.

Desde el navegador de vistas podemos seleccionar la vista 3D para visualizar el modelo y orbitar alrededor para comprobar el resultado final del modelado que se obtiene durante la práctica guiada en el aula. A partir de aquí se desarrolla brevemente la incorporación de información a los elementos constructivos con las características que definen el material de cada elemento y el aspecto del acabado. De esta manera, se expande la definición geométrica hacia el modelo BIM (fig. 7).

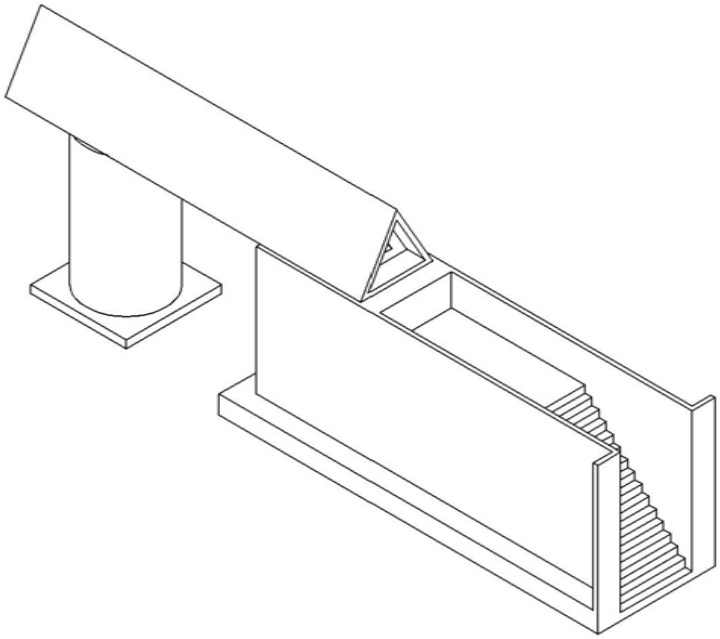


Figura 7. Modelado geométrico de la fuente del Monumento a los Partisanos en Segrate, Italia.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las herramientas digitales para el diseño y modelado de geometrías tridimensionales de forma virtual son un medio que está desplazando a la forma clásica de dibujar en dos dimensiones para la docencia de la geometría porque se asemeja cada vez más al trabajo físico con las maquetas. El alumnado que empieza el Grado en Arquitectura Técnica o bien ya conoce previamente algunas herramientas gráficas como AutoCAD o Sketchup, o bien se familiariza rápidamente con su manejo y alcanza un alto grado de destreza en muy poco tiempo. De manera que aprovechando las similitudes de Revit con Sketchup resulta más sencillo introducir esta nueva herramienta de modelado geométrico, y así, ir avanzando poco a poco en la creación del modelo BIM. Por esta razón, resulta más sencillo iniciar el aprendizaje con el interfaz del modelado de familias, pero para entender el concepto de esta metodología es necesario trabajar con el modelado de proyectos escogiendo para ello volumetrías sencillas que requieran el uso de pocos elementos constructivos.

5. CONCLUSIONES

La implantación de la metodología BIM constituye en sí misma una ventaja competitiva para garantizar el éxito en la inserción laboral de los egresados, ofreciendo a las empresas profesionales capaces de afrontar con solvencia los nuevos retos tecnológicos. En el Área de Expresión Gráfica Arquitectónica hace años se ha incorporado la herramienta de modelado Revit en las asignaturas de Dibujo Arquitectónico y Proyectos Técnicos y, finalmente también en Geometría Descriptiva.

La enseñanza de la metodología BIM en la asignatura de Geometría Descriptiva en el primer semestre del Grado en Arquitectura Técnica proporciona a los estudiantes las habilidades técnicas necesarias para trabajar con software de modelado Revit El alumnado se familiariza con los conceptos fundamentales de esta metodología y adquiere conocimientos básicos del modelado de familias y del modelado de proyectos.

La integración del modelado geométrico BIM en la docencia de Geometría Descriptiva es una experiencia innovadora didáctica en la enseñanza de la expresión gráfica aplicada a la edificación. Con esta integración se consigue orientar las competencias de una asignatura básica del primer curso del Grado hacia las

necesidades del perfil del futuro profesional sin perder ninguno de los valores que aporta el aprendizaje de esta asignatura en su formación como son el rigor y la metodología del razonamiento crítico y la resolución de problemas espaciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFIAS

Gentil Baldrich, J.M. (1983). Sobre la arquitectura y ciencia: la introducción de la Geometría Descriptiva en España en *Cuadernos de Construcción*, 6, 41-56.

León Cascante, I., & Pérez Martínez, J.J. (2018). Docencia colaborativa en BIM. Desde la tradición y dirigida por la expresión gráfica arquitectónica. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, *23*(32), 76-87. https://doi.org/10.4995/ega.2018.9077

Sacks, R. & Barak, R. (2010). Teaching building information modeling as an integral part of freshman year civil engineering education. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 136*(1), 30-38. https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000003

Universidad de Burgos (2025). Grado en Arquitectura Técnica. Guías docentes. Burgos: Universidad de Burgos. Recuperado de: https://www.ubu.es/grado-en-arquitectura-tecnica/informacion-basica/guias-docentes

Bernal López-Sanvicente, A., & Ángel Rodríguez Sáiz, A. (2018). Incorporación de la metodología BIM en el Grado de Arquitectura Técnica aplicando la transversalidad de las disciplinas gráficas. En L. X. Martínez Rolán, C. J. Santos Martínez & J. Puche Gil (Eds.) *Nueva Enseñanza superior a partir de las TIC* (pp. 63-72). Barcelona, España: Gedisa

Camarero Julián, I., & Bernal López-Sanvicente, A. (2020). Towards a Non-descriptive BIM Geometry: a Teaching Experience. En L. Agustín Hernández, A. Vallespín Muniesa & A. Fernández Morales (Eds.) *Graphical Heritage. Vol. 3: Mapping, Cartography and Innovation in Education* (pp. 319-326). Cham, Suiza: Springer

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN: UN PROYECTO DE MEJORA EDUCATIVA

COMPLEMENTARY ACTIVITIES TO IMPROVE THE LEARNING OF CONSTRUCTION MATERIALS: AN EDUCATIONAL INNOVATION PROJECT

Ángel M. Pitarch Roig[(1)], Lucia Reig Cerdà[(2)], Mª José Ruá Aguilar[(3)]

[1] Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, pitarcha@uji.es
[2] Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, reig@uji.es
[3] Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, rua@uji.es

RESUMEN

Durante los últimos años, se ha observado una falta de conocimientos previos en el alumnado del grado de Arquitectura Técnica, tanto en las asignaturas básicas como en las materias específicas del plan de estudios. Esta carencia se atribuye, en gran medida, a la escasa conexión del alumnado actual con el sector de la edificación, lo que dificulta su implicación y comprensión de los contenidos académicos. Para suplir esta deficiencia se está desarrollando un proyecto de mejora educativa basado en el diseño e implementación de actividades previas y complementarias a las clases prácticas y de laboratorio. El objetivo es suplir y nivelar los conocimientos previos y facilitar una mejor asimilación de los contenidos curriculares.

En esta ponencia se detallan las acciones llevadas a cabo en el marco de dicho proyecto, centradas en asignaturas relacionadas con los materiales de construcción. Se describen tanto los recursos elaborados como las estrategias propuestas para su integración en la dinámica docente. Asimismo, se presenta un análisis del grado de participación del alumnado en estas actividades, así como una valoración de su impacto en el rendimiento académico. Las conclusiones preliminares muestran cierta resistencia inicial por parte del alumnado a participar en estas tareas adicionales. Sin embargo, se constata una cierta mejora en los resultados académicos, lo que respalda la efectividad de estas acciones como herramienta de refuerzo y mejora del aprendizaje.

Palabras clave: *Arquitectura técnica, innovación educativa, materiales de construcción, brechas de conocimiento, actividades complementarias, motivación estudiantil*

ABSTRACT

In recent years, a lack of prior knowledge has been observed among students enrolled in the Technical Architecture degree, affecting both basic and specific subjects. This gap is largely attributed to their limited connection with the building sector, which hinders their engagement and comprehension of the academic content. To address this issue, an educational improvement project is being developed, focusing on the design and implementation of preparatory and complementary activities to accompany practical and laboratory sessions. The aim is to bridge knowledge gaps, level students' previous knowledge, and enhance their assimilation of curricular content.

This paper outlines the actions undertaken as part of this project, focusing on subjects related to construction materials. It describes the resources developed and the strategies employed to integrate them into teaching practices. Additionally, the paper analyzes student participation in these activities and assesses their impact on academic performance. Preliminary findings suggest certain initial reluctance among students to engage in these supplementary tasks. However, there is some improvement in academic performance, supporting the effectiveness of these activities as tools to reinforce and enhance student learning.

Keywords: *Technical architecture, educational innovation, construction materials, knowledge gaps, complementary activities, student engagement.*

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos cursos académicos, se ha identificado una problemática educativa significativa en los estudiantes del grado en Arquitectura Técnica (GAT): la carencia de conocimientos previos necesarios para comprender y participar eficazmente en las clases teóricas y prácticas. Esta situación se debe principalmente a dos situaciones, por un lado, la deficiencia de conocimientos en materias básicas del grado tales como matemáticas, físicas o dibujo y, por otro lado, la desconexión de los estudiantes con el sector de la edificación, lo que dificulta su vinculación con las asignaturas específicas del grado.

Según la Orden ECI/3855/2007 que define los requisitos para la verificación de los planes de estudios que habilitan para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico, dichos planes de estudios deben tener un módulo de formación básica de al menos 60 créditos en el que se incluyan materias relacionadas con fundamentos científicos, expresión gráfica, química y geología, instalaciones, empresa y derecho, así como un módulo de conocimientos específicos de al menos 108 créditos ECTS.

En el caso de la Universitat Jaume I (UJI), el plan de estudios de 2020 cuenta con 72 créditos de formación básica, entre los que se encuentran estas materias, fundamentalmente en primer curso. Tanto en estas materias básicas como en otras materias específicas, durante los últimos años se ha hecho patente una creciente deficiencia de conocimientos previos básicos. Ello queda patente en el análisis del perfil de ingreso que se realiza anualmente en el informe del seguimiento del grado, en el que se aprecia que en las pruebas de acceso a la universidad menos del 45% han realizado la prueba específica de matemáticas, menos del 40% de física y menos del 35% de dibujo, con notas medias de 5,61, 4,98 y 4,79 respectivamente.

Esto afecta tanto a las asignaturas del grado que abordan estas materias, con tasas de rendimiento muy bajas, como a otras asignaturas en las que se obtienen malos resultados por carencia de competencias básicas. En el caso de las materias específicas tales como materiales, construcción, estructuras o instalaciones, se aprecia una carencia importante relacionada con conocimientos relacionados con la edificación. Aun siendo normal, puesto que no han recibido ninguna formación previa, dificulta considerablemente el avance de la materia en las diversas asignaturas.

Por todo ello se está ejecutando un proyecto de mejora educativa (PME) cuyo objetivo es diseñar e implementar actividades previas y complementarias que nivelen los conocimientos de los estudiantes y les ayuden a aprender. Estas actividades extra, que se llevarán a cabo de forma complementaria a las clases prácticas y de laboratorio, tienen como objetivo principal facilitar la comprensión de los contenidos y mejorar la participación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

Esta comunicación presenta los objetivos generales del PME, la estructura de las actividades diseñadas y el alcance de los contenidos que se desarrollarán. Además, se muestra un análisis de los resultados preliminares obtenidos en las asignaturas de Materiales de Construcción del GAT impartido en la UJI, determinando la correlación entre el seguimiento de las actividades complementarias planteadas y la calificación final obtenida en las asignaturas, y analizando los resultados obtenidos.

2. METODOLOGÍA

Tal como muestra la Figura 1, este trabajo se desarrolla en 5 etapas: tras detectar el problema de carencia de conocimientos básicos y específicos de construcción, se plantean actividades complementarias para determinadas asignaturas, y finalmente, este tipo de actividades se extiende al conjunto del grado en Arquitectura Técnica de la Universitat Jame I mediante un PME.

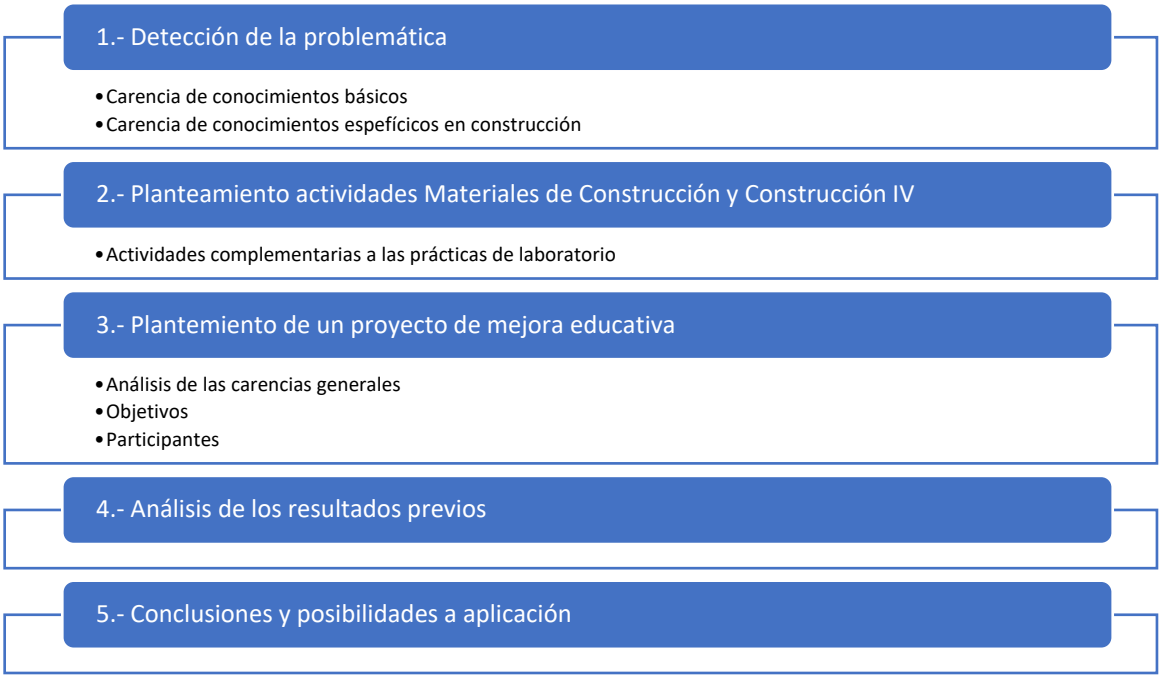


Figura 1. Esquema de la metodología utilizada

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Experiencia previa

Tras la adaptación temporal a la docencia online durante el periodo de confinamiento por el COVID-19, algunas de las actividades planteadas en determinadas asignaturas se fueron adaptando con el objeto de facilitar la adquisición de las competencias y dinamizar las clases (Reig et alt. 2024).

Así, en determinadas materias, como Materiales de Construcción, se plantearon actividades complementarias a las clases presenciales, con los siguientes objetivos:

- Mejorar y homogeneizar los conocimientos previos al inicio de la docencia de la asignatura.
- Introducir al alumno en la temática de laboratorio que se va a realizar, mediante la realización de actividades previas.
- Reforzar y evaluar los conocimientos adquiridos en las prácticas de laboratorio, mediante la realización de actividades posteriores a las sesiones presenciales.
- Dinamizar las clases teóricas, reforzar y controlar la adquisición de conocimientos de la materia impartida, mediante la realización de actividades complementarias desarrolladas en el aula.
- Reforzar y autoevaluar de forma autónoma los conocimientos adquiridos por el alumnado, mediante la realización de actividades complementarias desarrolladas fuera del aula.

En la Tabla 1 se muestran las actividades realizadas en las tres asignaturas de materiales de construcción impartidas en el GAT de la UJI en el curso 2024/2025, según el objetivo buscado y el tipo de actividad realizada. Para la materialización de estas actividades se han utilizado las siguientes herramientas informáticas.

AV	Cuestionarios en el aula virtual (Moodle)
H5P	Cuestionarios con H5P integrado en el aula virtual.
K	Cuestionarios mediante Kahoot
G	Actividades con teoría y cuestionarios integrados, realizadas con Genially

Tabla 1. Relación de actividades realizadas en las asignaturas de materiales de construcción durante el curso 2024/2025. AV: Aula Virtual; H5P: Módulo de Moodle; G: Genially; K: Kahoot

Tipo de Actividad	Mdc1		Mdc2		Mdc3	
Inicial de conocimientos previos	1 AV	1 H5p			1 AV	
Previa los LAB	2 AV	2 H5p	1 AV	5 G	1 AV	4 H5P
Posterior a los LAB	4 AV		4 AV		2 AV	
Complementaria realizada en el aula		4 K		5 K	1 AV	7 K
Complementaria fuera del aula	1 AV	1 H5P	6 AV	1 G	17 AV	

Los resultados de esta experiencia previa fueron parcialmente publicados en (Reig y col. 2024), donde se destacó que la implementación de algunas de estas actividades durante el curso 2023/2024 fue bien recibida en general por los estudiantes. Sin embargo, existe reticencia a participar en actividades online, especialmente cuando estas deben realizarse antes de la actividad presencial. De otro modo, pese a que no se observó una relación clara entre las calificaciones finales obtenidas en la asignatura de Materiales de Construcción III y la realización de las actividades propuestas, si se apreciaron mejores resultados en los estudiantes que completaron las actividades adicionales.

3.2 Planteamiento del proyecto de mejora educativa

Con la experiencia previa de las asignaturas de materiales de construcción, y la problemática generalizada en gran parte de las asignaturas del grado, de carencias en los conocimientos previos necesarios, así como de dificultades en la adquisición de conocimientos específicos del grado por una falta de vinculación con el sector de la construcción, se planteó el PME "*Diseño de actividades complementarias para un aprendizaje autónomo, flexible, progresivo y significativo en el Grado en Arquitectura Técnica (DACGAT)*."

El PME plantea dos objetivos diferentes dependiendo del nivel del alumnado. Por un lado, para los alumnos de primer curso pretende identificar las necesidades formativas previas y desarrollar materiales didácticos que permitan al alumnado adquirir los conocimientos y el vocabulario necesarios para reducir la desigualdad de conocimientos en el aula, así como nivelar sus conocimientos. Por otro lado, en los cursos superiores el objetivo del PME es identificar y diseñar actividades complementarias para promover un aprendizaje autónomo y significativo, mejorando el rendimiento académico del alumnado. Así mismo, el PME permite introducir la gamificación de estas actividades, haciéndolas más atractivas para el alumnado.

A su vez, dado que a las más recientes promociones del GAT ha accedido alumnado de diferentes nacionalidades y con paridad de género, el proyecto se alinea con 5 de los ODS promovidos por la universidad:

- Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
- Objetivo 5. Conseguir la igualdad de género y dar poder a todas las mujeres y las niñas.
- Objetivo 8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, la ocupación llena y productiva y el trabajo decente para todos.
- Objetivo 10. Reducir la desigualdad en los países y entre ellos.
- Objetivo 17. Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

La programación del PME comprende las anualidades de 2025 y 2026, periodo durante el cual se realizará un análisis de las necesidades del alumnado, se elaborará el material complementario a las diferentes asignaturas necesario, se implantará el mismo, y se medirá la satisfacción del alumnado y del profesorado.

Entre los aspectos definidos para medir el éxito del PME se ha contemplado tanto la satisfacción de los participantes, alumnado y profesorado, como la correlación entre la realización de actividades, satisfacción y mejora de los resultados académicos.

Tal como recoge la Tabla 2, en el PME participan un total de 12 profesores, que imparten 16 asignaturas de las 40 definidas en el plan de estudios del GAT de la UJI lo que supone una muestra representativa de las diferentes asignaturas y niveles del grado.

Tabla 2. Relación de asignaturas participantes en el PME DACGAT

Objetivo	Curso	Carácter
ED2005 Materiales I	1	Básica
ED2010 Construcción I: Fundamentos	1	Específica
ED2055 Expresión Gráfica Arquitectónica I	1	Básica
ED2056 Física II	1	Básica
ED2004 Inglés	1	Básica
ED2012 Construcción II (hormigón)	2	Específica
ED2015 Materiales de construcción II	2	Específica
ED2019 Materiales de construcción III	2	Específica
ED2061 Expresión Gráfica Arquitectónica II	2	Específica
ED2021 Construcción IV (cubiertas y muros)	3	Específica
ED2022 Construcción V (fachadas y particiones)	3	Específica
ED2063 Expresión Gráfica Arquitectónica III	3	Específica
ED2018 Estructures III: Hormigón armado y cimentaciones	3	Específica
ED2065 Gestión Integral de Recursos y Prevención de Riesgos	3	Específica
ED2066 Gestión económica en edificación	3	Específica
ED2050 Diagnóstico e Intervención de edificios existentes	4	Específica
ED2068- Proyectos Técnicos e Informes	4	Específica

3.3 Resultados previos

En el momento de elaboración de esta comunicación, junio de 2025, el PME se encuentra en una fase intermedia de su desarrollo, habiéndose ejecutado aproximadamente una cuarta parte de las actividades programadas. Entre las acciones ya realizadas, destacan el análisis preliminar de las necesidades formativas del estudiantado, la compartición de experiencias previas y actividades desarrolladas entre el profesorado participante en el proyecto, así como la elaboración parcial de materiales docentes correspondientes a algunas asignaturas del segundo semestre. No obstante, aún no se ha llevado a cabo una evaluación sistemática de la satisfacción del alumnado y el profesorado implicado.

Cabe señalar que, en determinadas asignaturas —en particular, las tres asignaturas del área de Materiales de Construcción— ya se habían diseñado y puesto en marcha algunas actividades antes de la aprobación del PME. Esta circunstancia ha permitido anticipar el análisis de los primeros resultados derivados de su implementación. Así, los resultados disponibles hasta la fecha se centran, por tanto, en las asignaturas de *Materiales de Construcción I, II y III*, y se articulan en torno a tres ejes principales: el grado de participación del alumnado en las actividades propuestas, su satisfacción, y la relación observada entre dicha participación y los resultados académicos obtenidos.

3.3.1 *Participación del alumnado*

La Figura 2 muestra el porcentaje de alumnado que realizó las actividades complementarias propuestas en las tres asignaturas de materiales de construcción del GAT durante el curso 2024/25. Asimismo, mediante la realización de cuestionarios se les preguntó su opinión en relación con la utilidad de las diferentes actividades planteadas en estas asignaturas. En términos generales, el alumnado valora positivamente la incorporación de actividades complementarias en el aula, tales como cuestionarios interactivos mediante herramientas como Kahoot o actividades evaluativas en el entorno del Aula Virtual. No obstante, se observa una menor predisposición a participar en actividades planteadas fuera del horario lectivo, salvo en las semanas inmediatamente anteriores a las pruebas de evaluación, momento en el cual si se ha detectado que una parte del estudiantado recurre a dichas actividades como recurso de repaso y preparación.

El nivel de participación en las actividades complementarias propuestas resultó dispar, pero relativamente bajo. Tal como muestra la Figura 2, la asignatura *Materiales de Construcción I*, correspondiente al primer curso, presenta la tasa más baja de implicación, con únicamente un 20 % del alumnado que completó más del 50 % de las actividades planteadas. En cambio, en las asignaturas de segundo curso, *Materiales de*

Construcción II y *III*, los niveles de participación se incrementan, alcanzando el 55 % y el 37 % respectivamente. Esta situación ha sido analizada por otros autores (Montoliu et al, 2022).

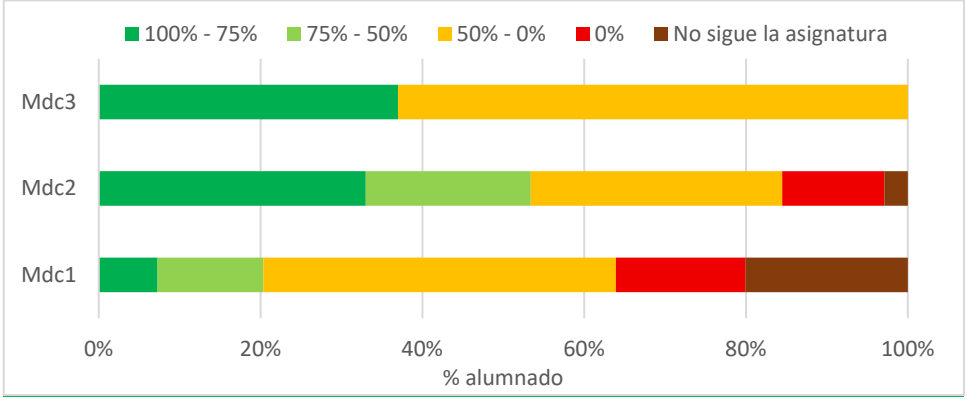


Figura 2. Porcentaje de alumnado que ha realizado las actividades complementarias propuestas en las asignaturas Materiales I, II y III, curso 2024 2025.

3.3.2 *Rendimiento académico*

En relación con el rendimiento académico, uno de los objetivos del estudio era analizar la posible correlación entre la realización de las actividades complementarias propuestas y la calificación obtenida, bien en una parte de la asignatura, o final. Para ello, se han llevado a cabo diversos análisis correlacionales, que se muestran en las Figuras 3 a 6.

El primer caso analizado corresponde a una actividad específicamente diseñada para la asignatura *Materiales de Construcción I*, cuyo propósito era reforzar los conocimientos previos del estudiantado en relación con operaciones matemáticas básicas y el manejo de órdenes de magnitud relacionados con los materiales de construcción. Tal como muestra la Figura 3, los resultados obtenidos en esta actividad diagnóstica no guardan una relación aparente con las calificaciones alcanzadas en la parte de resolución de problemas del examen. Esta falta de correlación sugiere que el resultado de dicha prueba puede estar condicionado por otros factores no contemplados en este análisis, tales como la comprensión de los problemas planteados o carencias en la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos.

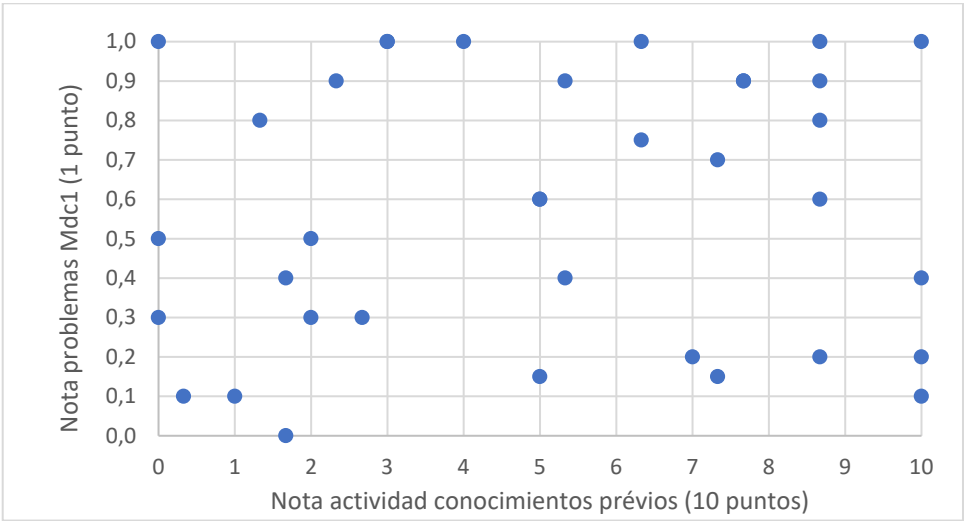


Figura 3. Relación entre la calificación obtenida en los problemas de la asignatura Mdc1 y la obtenida en la actividad sobre conocimientos previos. Asignatura Materiales I – 2024/2025.

De otro modo, se ha analizado la relación entre el porcentaje de actividades complementarias realizadas en cada una de las asignaturas y la calificación final obtenida.

En el caso de la asignatura *Materiales de Construcción I,* tal como se aprecia en la Figura 4, no existe una relación directa. Sin embargo, si se aprecia que la mayor parte del alumnado que ha realizado más del 50% de las actividades ha superado la asignatura, obteniendo las calificaciones más altas.

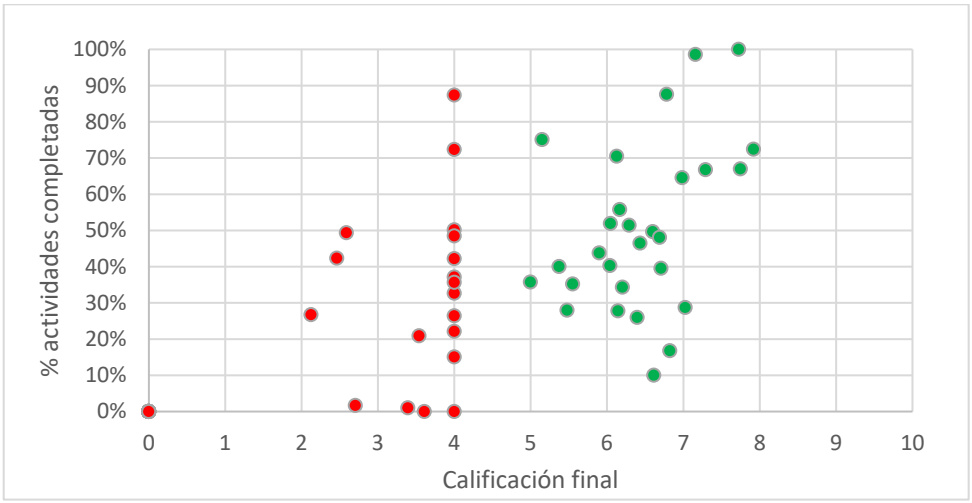


Figura 4. Relación calificación final de Materiales I con el porcentaje de actividades complementarias completadas. Asignatura Materiales I - 2024/2025.

En el caso de la asignatura *Materiales de Construcción II,* la Figura 5 muestra resultados análogos, pues existe una muestra importante que, aun con bajos porcentajes de actividades complementarias completadas, ha superado la asignatura. Sin embargo, sólo existen dos alumnos que, habiendo realizado más del 50% de las actividades, no han superado la asignatura. Asimismo, las mejores calificaciones fueron obtenidas por alumnado que había realizado más del 80% de las actividades propuestas, lo que denota su implicación en la asignatura.

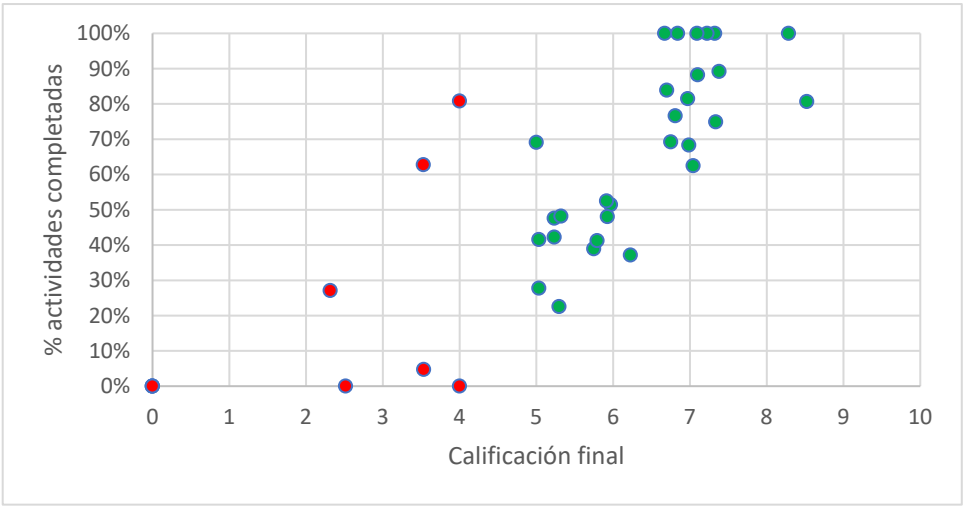


Figura 5. Relación calificación final de Materiales II con el porcentaje de actividades complementarias completadas. Asignatura Materiales II – 2024/2025.

Tal como muestra la Figura 6, la asignatura *Materiales de Construcción III* muestra una dispersión significativa, pues existe un grupo muy relevante de alumnado, entorno al 40%, que superó la asignatura habiendo realizado menos del 50% de las actividades complementarias propuestas. Es destacable que tan Sólo hay un alumno que, habiendo realizado más del 50% de las actividades propuestas, no ha superado la asignatura y, el alumnado que realizó más del 80% de las actividades complementarias planteadas superó la asignatura. Ello denota que existe un efecto positivo en la realización de estas actividades.

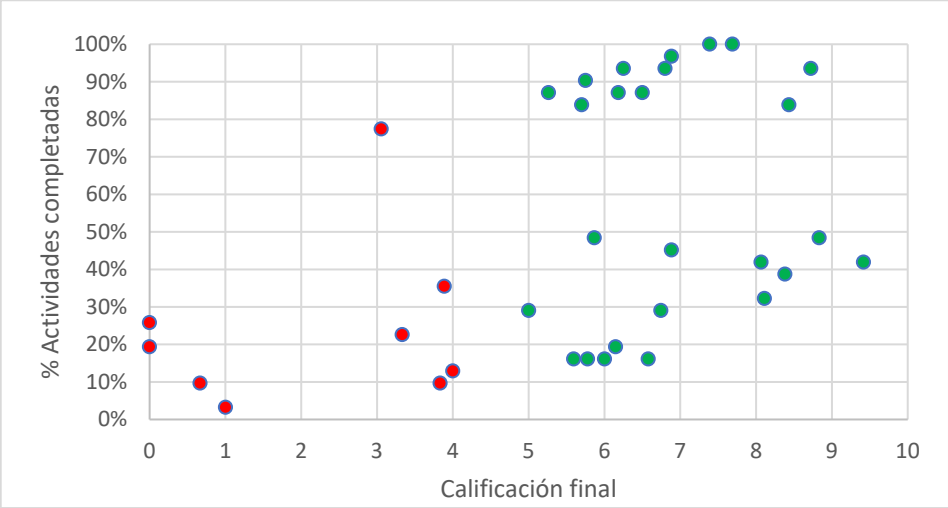


Figura 6. Relación calificación final de Materiales III con el porcentaje de actividades complementarias completadas. Asignatura Materiales III - 2024/2025.

3.4 Discusión

Con los datos analizados se puede deducir que la participación del alumnado es relativamente baja en este tipo de actividades complementarias. Sin embargo, tal como se aprecia en las Figuras 4, 5 y 6 los alumnos que han realizado más del 50% de dichas actividades, en general aprueban la asignatura y obtienen mejores resultados en la calificación final de la asignatura.

La Figura 7 correlaciona la realización de más o menos del 50% de las actividades complementarias con el porcentaje de alumnado aprobado o suspendido. Tal como se observa, *Materiales I* fue la asignatura con menor implicación en la realización de las actividades complementarias propuestas (mayor % de alumnado con <50% de actividades realizadas) y mayor porcentaje de alumnado suspendido. En el caso de *Materiales II*, el porcentaje de alumnado que superó la asignatura habiendo realizado más del 50% de las actividades complementarias resultó mucho más significativo, entorno al 50%. *Materiales III* fue la asignatura con menor correlación observada entre la realización de las actividades complementarias y el porcentaje de aprobados, pues 40% del alumnado que superó la asignatura había realizado menos del 50% de las actividades complementarias planteadas, si bien cabe reseñar que tal como indica la Tabla 1 el número de actividades disponibles en Materiales *III* es muy superior al de *Materiales II*.

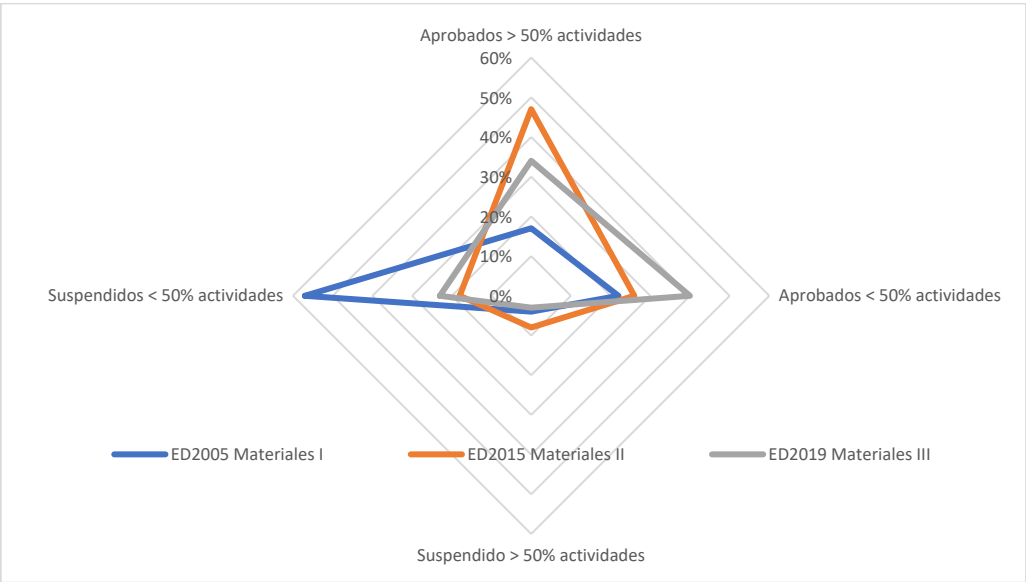


Figura 7. Relación entre % de alumnado aprobado y actividades realizadas. Asignaturas Materiales I, II y III, curso 2024/2025.

En las tres asignaturas existe un porcentaje significativo de alumnado que ha aprobado y realizado más del 50% de las actividades complementarias. Por el contrario, el porcentaje de alumnado que ha suspendido habiendo realizado más del 50% de las actividades propuestas es inferior al 10% en las tres asignaturas, lo que denota cierta relación entre las actividades complementarias planteadas y los resultados académicos finalmente obtenidos en estas asignaturas.

Diversos estudios apuntan a la gamificación como estrategia para fomentar la motivación en la educación (Navarro-Espinosa et al. 2022; Sotos-Martínez et al. 2024; Li, L. et al. 2024; Prieto 2020, Huamán-Briceó et al. 2023), mejorando indirectamente los resultados académicos del alumnado. Así mismo, (Morales 2014) Por el contrario, autores como Silliers et al. (2021) o Zhenkai et al. 2025) apuntan a que el *burnout* o agotamiento académico provocado por un exceso de actividades conduce a una baja motivación, reducción de la satisfacción y del rendimiento académico, situación que puede justificar la baja participación del alumnado en estas actividades adicionales. En este sentido, Ros Martín et al. (2023) recopilan y analizan experiencias e investigaciones sobre como motivar y dinamizar el aprendizaje en la universidad, lo que seria de interés en este proyecto para mejorar la participación del alumnado.

3.5 Limitaciones

El presente estudio, en su estado actual de desarrollo, presenta una serie de limitaciones que se espera puedan subsanarse a lo largo de la ejecución del PME. Entre estas limitaciones destacan, en primer lugar, la ausencia de un análisis sistemático sobre el grado de satisfacción, tanto del alumnado como del profesorado, respecto a las actividades propuestas. Esta información resultaría clave para valorar no solo la aceptación de la metodología implementada, sino también su potencial de mejora e implantación en estas y otras asignaturas.

En segundo lugar, no se ha profundizado aún en los motivos que explican el relativamente bajo porcentaje de participación en las actividades planteadas fuera del aula. Aunque se han identificado posibles hipótesis; como la sobrecarga de trabajo, la percepción de utilidad o el momento en que se proponen dichas actividades. Será necesario recurrir a herramientas de recogida de datos, como encuestas o grupos focales, que permitan esclarecer estas causas desde la perspectiva del propio estudiantado.

Por último, aunque se ha intentado establecer una relación entre la participación en las actividades y el rendimiento académico, no se han considerado en profundidad otros factores que pueden incidir de forma determinante en los resultados del alumnado, tales como la motivación intrínseca, el entorno de estudio, el historial académico previo o las metodologías empleadas en el resto de las asignaturas. La inclusión de estas variables en futuras fases del PME permitirá mejorar el análisis, contextualizando el impacto real de las actividades educativas propuestas.

4. CONCLUSIONES

La presente comunicación expone una experiencia de innovación docente en el Grado en Arquitectura Técnica impartido en la UJI, centrada en la detección y corrección de carencias en los conocimientos previos del alumnado y en la mejora de su implicación en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Un diagnóstico inicial revela notables déficits formativos en materias básicas y una limitada conexión del estudiantado con el sector de la edificación. Se ha puesto en marcha un PME basado en el diseño e implementación de actividades complementarias; previas, simultáneas y posteriores a las sesiones presenciales, con el objetivo de nivelar el punto de partida del estudiantado y promover un aprendizaje más autónomo, progresivo y significativo.

Los resultados preliminares obtenidos, centrados principalmente en las asignaturas de Materiales de Construcción, constatan una valoración generalmente positiva del alumnado hacia las actividades dinámicas y gamificadas que se integran en el aula, especialmente aquellas que hacen uso de herramientas como *Kahoot*, H5P o *Genially*. No obstante, se observa una baja participación en las actividades complementarias planteadas fuera del horario lectivo, lo cual limita su potencial impacto formativo. Esta reticencia parece responder, en parte, a una percepción de sobrecarga de tareas, alineándose con estudios recientes que relacionan el exceso de actividades con fenómenos de desmotivación y *burnout* académico.

A pesar de esta baja participación, los datos recabados denotan cierta correlación positiva entre la realización de las actividades complementarias y la mejora del rendimiento académico, de forma que el alumnado que ha completado más del 50% de las actividades complementarias tiende a obtener mejores resultados y mayores tasas de éxito en las asignaturas. Ello sugiere que dichas actividades pueden constituir una herramienta útil para reforzar contenidos y afianzar el aprendizaje. No obstante, pese a que incorporar

enfoques activos y gamificados en la enseñanza universitaria se revela como una estrategia prometedora para incrementar la motivación del alumnado, debe aplicarse con criterios de equilibrio y pertinencia, teniendo en cuenta la carga global de trabajo del estudiantado y la necesidad de articular las actividades con claridad de propósito que se perciban útiles.

En definitiva, aunque aún en desarrollo, el PME planteado presenta un potencial de mejora de la calidad docente en el Grado en Arquitectura Técnica. Entre los retos planteados se encuentra profundizar en el análisis del impacto real de las actividades propuestas, tanto desde la perspectiva del aprendizaje como desde la percepción del estudiantado y del profesorado, así como extender el modelo a otras asignaturas del plan de estudios. La continuidad del PME en los cursos 2025 y 2026 permitirá avanzar en estos objetivos, consolidar las estrategias implementadas y aportar evidencias más sólidas sobre la efectividad de estas actividades como instrumento de mejora educativa en el contexto universitario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Jaramillo-Mediavilla, L., Basantes-Andrade, A., Cabezas-González, M., & Casillas-Martín, S. (2024). Impact of Gamification on Motivation and Academic Performance: A Systematic Review. *Education Sciences*, *14*(6), 639. https://doi.org/10.3390/educsci14060639

Huamán-Briceó, Y.; Terrones-Marreros, M.A.; Duran-Llaro. K. L. (2023). Gamificación para la mejora de la motivación de estudiantes universitarios. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*. ISSN 2542-3088. https://doi.org/10.35381/r.k.v8i2.2859

Li, L., Hew, K.F. & Du, J. (2024) Gamification enhances student intrinsic motivation, perceptions of autonomy and relatedness, but minimal impact on competency: a meta-analysis and systematic review. *Education Tech Research Dev* 72, 765–796. https://doi.org/10.1007/s11423-023-10337-7

Montoliu, Raul; Rebollo, Cristina; Diaz, Diego; Remolar, Inmaculada (2022). Reflexiones sobre por qué el estudiantado no acude a las actividades complementarias y propuesta de soluciones. *Actas de las Jenui*, vol. 7. 2022. Páginas: 305-312. https://repositori.uji.es/server/api/core/bitstreams/6b753a45-ee11-4fac-ab20-4027472abb55/content

Morales Navarro, G. (2014). Los servicios complementarios y las actividades complementarias y extraescolares: una necesidad educativo-formativa. *Avances En Supervisión Educativa*, *22*. https://doi.org/10.23824/ase.v0i22.41

Orden ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-22447

Prieto Andreu, J. M. (2020). Una revisión sistemática sobre gamificación, motivación y aprendizaje en universitarios. Teoría De La Educación. *Revista Interuniversitaria*, 32(1), 73–99. https://doi.org/10.14201/teri.20625

Ramos-Vera, Cristian; Basauri-Delgado, Miguel; Calizaya-Milla,Yaquelin E.; Saintila, Jacksaint. (2025). Exploring the Mediation of Stress and Emotional Exhaustion on Academic Ineffectiveness and Cynicism Among University Students. *Psychiatry Investigation* 2025;22(4):365-374. April 11, 2025. https://doi.org/10.30773/pi.2024.0111

Reig, Lucia; Pitarch, Ángel M.; Ruá, María José. (2024) The Application of Flexible Teaching as a Response to Twenty-First-Century Needs: Experiences in Building Materials Subjects*. Teaching Innovation in Architecture and Building Engineering* Challenges of the 21st century. https://doi.org/10.1007/978-3-031-59644-5_26

Ros Martín, Montserrat Irene; López Bastías, José Luis; Borrás Gené, Oriol (2023). La motivación y la dinamización en la enseñanza universitaria. Editorial Dykinson, S.L. ISBN 9788411707466

Sotos-Martinez, V. J., Baena-Morales, S., Sanchez-De Miguel, M., & Ferriz-Valero, A. (2024). Playing towards Motivation: Gamification and University Students in Physical Activity! *Education Sciences*, *14*(9), 965. https://doi.org/10.3390/educsci14090965

Zhenkai Qin, Guifang Yang, Ziqian Lin, Yimin Ning, Xiaolong Chen, Hongfeng Zhang, Cora Un In Wong (2025). The impact of academic burnout on academic achievement: a moderated chain mediation effect from the Stimulus-Organism-Response perspective. *Psychol*., 05 June 2025, Sec. Educational Psychology, Volume 16 – 2025. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1559330

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento por la financiación obtenidas a través del Proyecto de Innovación Educativa concedido por la Universitat Jaume I, denominado ‘Diseño de actividades complementarias para un aprendizaje autónomo, flexible, progresivo y significativo en el Grado en Arquitectura Técnica (DACGAT, 2025)’.

METODOLOGÍA ABP PARA LA INTEGRACIÓN CURRICULAR EN TITULACIONES TÉCNICAS

PROJECT-BASED LEARNING FOR CURRICULAR INTEGRATION IN TECHNICAL DEGREES

Gloria María Cuenca Moyano[(1)], Joaquín M. Durán Álvarez[(1)], María Dolores Gámez Montalvo [(1)], M. Lourdes Gutiérrez-Carrillo[(1)], David Hidalgo García[(2)], María Martín Morales[(1)], María Dolores Martínez Aires[(1)], María Martínez-Rojas*[(1)], Raquel Nieto Álvarez[(2)], José Manuel Soto Hidalgo[(3)], Elisabet Suárez Vargas[(1)]

[1] Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada, España.
[2] Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada, España.
[3] Departamento de Ingeniería de Computadores, Automática y Robótica, Universidad de Granada, España.
* mmrojas@ugr.es

RESUMEN

Este trabajo presenta la implementación de un proyecto de innovación docente basado en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como herramienta para la integración de competencias específicas y transversales de diversas asignaturas en el Grado de Edificación y Arquitectura. La propuesta se articula en torno a un proyecto común que involucra a diversas figuras del programa formativo: profesorado, alumnado y egresados, fomentando una experiencia formativa integral y colaborativa.

El desarrollo del proyecto docente comenzó a principios del curso 2024/2025 con la elección del proyecto de edificación que sirve como eje central para las distintas asignaturas implicadas, así como la definición de los microproyectos vinculados a cada una de ellas. Estos microproyectos se desarrollarán durante el resto del curso 2024/2025 y en el primer cuatrimestre del curso 2025/2026.

La metodología propuesta permite al alumnado aplicar conocimientos teóricos en un contexto práctico real, potenciando el trabajo en equipo, la resolución de problemas, la gestión de proyectos y la comunicación efectiva. La innovación de este proyecto reside no solo en la metodología ABP per se, sino también en su enfoque integrador y multidisciplinario, que prepara a los futuros egresados/as a afrontar los desafíos reales del mundo profesional.

Los resultados preliminares reflejan un aumento en el grado de implicación del alumnado, mejoras en la adquisición de competencias y una mayor satisfacción con el proceso de enseñanza-aprendizaje. Asimismo, se presentan también los retos encontrados en la implementación y las estrategias adoptadas para superarlos. Esta propuesta se enmarca en un enfoque global de transformación educativa en el ámbito de la edificación.

Palabras clave: *Aprendizaje Basado en Proyectos, Educación en Edificación, Coordinación de asignaturas.*

ABSTRACT

This paper presents a teaching innovation project that applies Project-Based Learning (PBL) to integrate both specific and transversal competencies across several subjects in Architecture and Building Engineering degrees. The initiative is structured around a shared project involving teaching staff, students, and recent graduates, encouraging active learning and collaboration.

The project started in early 2024/2025 with the selection of a building project that serves as a central basis. Each subject develops its own microproject within this shared context. These microprojects are being implemented during the academic year 2024/2025 and will continue through the first semester of 2025/2026.

The methodology allows students to apply theoretical knowledge in realistic scenarios. It promotes teamwork, problem-solving, project management, and communication skills. The innovation lies not only in the use of PBL but also in its cross-disciplinary and coordinated approach, preparing students for real-world professional challenges.

Preliminary results suggest higher student engagement, improved skill development, and greater satisfaction with the learning process. This paper also outlines the main challenges encountered and the strategies used to address them. The project contributes to a broader effort to transform higher education in the field of building engineering.

Keywords: *Project-Based Learning, Building education, Teaching coordination*

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de la educación superior, la implementación de metodologías activas se ha consolidado como una línea prioritaria para fomentar un aprendizaje más significativo, comprometido y adaptado a las necesidades del siglo XXI (Sukkar et al., 2023). El modelo tradicional centrado en la clase magistral y la evaluación memorística ha demostrado ser insuficiente para formar profesionales capaces de desenvolverse en entornos laborales complejos, colaborativos y en constante transformación. En su lugar, las universidades están llamadas a adoptar enfoques pedagógicos que promuevan la autonomía del estudiantado, la resolución de problemas reales, la aplicación práctica de conocimientos y el desarrollo de competencias transversales como el trabajo en equipo, la comunicación, el pensamiento crítico o la adaptabilidad (Biggs & Tang, 2011; Barron & Darling-Hammond, 2008; Miranda et al., 2021).

Esta necesidad de transformación pedagógica ha sido especialmente señalada en titulaciones técnicas, donde el proceso formativo implica no solo el dominio de contenidos teóricos y técnicos, sino también la capacidad de integrar conocimientos de diferentes áreas para abordar proyectos complejos y multidisciplinares (Sukackė et al., 2022). Sin embargo, en muchos planes de estudio, la organización de la docencia en asignaturas aisladas, cada una con sus propios objetivos, actividades y evaluaciones, dificulta la comprensión holística del proceso edificatorio. Como consecuencia, el estudiantado tiende a percibir su aprendizaje como una sucesión de tareas desconectadas entre sí, lo que reduce la motivación, dificulta la transferencia de conocimientos y debilita la preparación para el ejercicio profesional (Prince & Felder, 2006).

Además, diversos estudios señalan que el alumnado universitario muestra un mayor compromiso cuando participan activamente en su proceso de aprendizaje, especialmente si perciben una conexión clara entre lo aprendido y su futura práctica profesional (Thomas, 2000; Bell, 2010; Caeiro et al., 2021). En este sentido, las metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), se presentan como una herramienta idónea para abordar estos desafíos (Chen & Du, 2021; Upadhye & Madhe, 2025). El ABP permite articular los contenidos académicos en torno a un problema o proyecto significativo, favoreciendo un aprendizaje contextualizado, interdisciplinar y colaborativo, con un papel más activo del estudiantado y un rol de facilitador por parte del profesorado (European Commission, 2017).

En este contexto se enmarca el proyecto de innovación docente ABP_CAE (Aprendizaje Basado en Proyectos Coordinados en Arquitectura y Edificación), seleccionado en la convocatoria 2024/2025 del Vicerrectorado de Calidad, Innovación Docente y Estudios de Grado de la Universidad de Granada, dentro de la convocatoria competitiva de Proyectos de Innovación Docente y Buenas Prácticas. Esta iniciativa propone una estrategia coordinada para integrar contenidos y competencias de distintas asignaturas mediante un proyecto de edificación común. Este proyecto actúa como eje vertebrador, a partir del cual cada asignatura desarrolla su propio microproyecto, adaptado a sus objetivos docentes. De este modo, se busca que el alumnado comprenda la interrelación entre los distintos ámbitos del proceso edificatorio, aplicando de forma práctica los conocimientos adquiridos en un contexto lo más realista y colaborativo posible.

La metodología del proyecto ABP_CAE se estructura en distintas fases: planificación docente conjunta, diseño e implementación de microproyectos, recogida de evidencias y análisis de resultados. Durante el curso 2024/2025 se ha aplicado en asignaturas de los dos cuatrimestres del Grado en Edificación y en una asignatura del Grado en Estudios de Arquitectura. La valoración intermedia, basada en formularios anónimos,

ha revelado un alto grado de aceptación de la metodología, así como una mejora percibida en la comprensión global del proceso constructivo. Este trabajo presenta el diseño metodológico, los primeros resultados y los retos identificados, con el objetivo de aportar una experiencia replicable y enriquecedora para la innovación docente en estudios técnicos universitarios.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es exponer y reflexionar sobre una experiencia piloto de implantación coordinada de la metodología ABP en el ámbito de los estudios técnicos universitarios, en particular en las titulaciones de Arquitectura y Edificación de la Universidad de Granada. En la Tabla 1 se recogen las asignaturas que participan en la experiencia piloto.

Los objetivos específicos que persigue esta comunicación son:

- **O1**. Presentar el enfoque metodológico del proyecto ABP_CAE, centrado en la coordinación entre asignaturas mediante un proyecto común compartido.
- **O2**. Describir la experiencia de implementación parcial de esta metodología durante el primer y segundo cuatrimestre del curso 2024/2025, detallando las asignaturas implicadas y el tipo de microproyectos desarrollados.
- **O3**. Analizar los primeros resultados obtenidos a través de los cuestionarios de valoración del estudiantado, evaluando su percepción sobre la utilidad y coherencia de la propuesta.
- **O4**. Identificar oportunidades de mejora y ajustes metodológicos de cara a su consolidación en el curso 2025/2026.

Tabla 1. Asignaturas que participan en el Proyecto de Innovación Docente

Asignaturas	Curso	Semestre	Grado
Materiales II: Tecnología de los Materiales	2	1	E
Instalaciones I	2	2	E
Materiales III: Ensayos y Control	2	2	E
Construcción IV: Sistemas Integrados de Tecnología Elemental	3	1	E
Construcción V: Sistemas Integrados de Tecnología Compleja	3	2	E
Mediciones y Presupuestos	3	2	E
Proyectos II: Ingeniería de Edificación Compleja	3	2	E
Prevención y Seguridad	4	1	E
Proyecto de Gestión del Proceso y Equipos de Obras. Ejercicio Profesional	4	1	E
Gestión de la calidad	4	1	E
Gestor de proyectos, de producción y de mantenimiento	4	2	E
Control de la edificación y desarrollo sostenible	4	2	E
Materiales de construcción	1	1	A
Introducción a la Construcción	1	2	A
Instalaciones 2: Sistemas de Instalaciones de Climatización, Elementos Mecánicos de Desplazamiento Vertical. Protección contra Incendios	3	2	A

*Nota: A (Grado en Estudios de Arquitectura), E (Grado en Edificación)

3. METODOLOGÍA

El diseño metodológico del proyecto ABP_CAE se estructura en cuatro etapas, relacionadas entre ellas, para que la ejecución del proyecto sea coherente y responda a los objetivos anteriormente presentados. En la Tabla 2 se detallan las etapas, junto con las acciones desarrolladas y las herramientas utilizadas en cada una.

Tabla 2. Fases metodológicas desarrolladas en el proyecto

Etapa	Acciones	Herramientas utilizadas
Coordinación docente y diseño de proyecto común	- Reuniones interdepartamentales - Definición de competencias por asignatura - Elección del proyecto común	Reuniones presenciales y online
Diseño de microproyectos	- Diseño de actividades específicas - Alineación con guías docentes	PRADO, Google Drive, Word
Implementación parcial	- Integración de los microproyectos en la evaluación continua - Desarrollo práctico	PRADO, presentaciones, entregas físicas
Evaluación parcial	- Elaboración de cuestionario de valoración - Recogida de opiniones cualitativas	Google Forms, Excel

La primera etapa se centró en la coordinación docente entre el profesorado implicado. Para ello, se organizaron reuniones con el objetivo de identificar las necesidades de cada asignatura para tenerlas en cuenta a la hora de desarrollar el proyecto común, que sirviera de hilo conductor para las distintas asignaturas. De forma complementaria, se elaboró un cuestionario destinado a recopilar toda la información de interés para cada una de las asignaturas en el contexto del proyecto: asignatura, competencias, requisitos, tipo de actividades, momento de aplicación del microproyecto y relación con otras asignaturas.

En la segunda etapa, el profesorado diseñó los microproyectos específicos de cada asignatura, tomando como referencia sus respectivas guías docentes. Estos microproyectos buscaban establecer conexiones directas entre los contenidos de la asignatura y el proyecto común, definiendo los objetivos finales claros y los criterios de evaluación. Asimismo, se elaboró la presentación general del proyecto y las plantillas de Word para la descripción y presentación de los microproyectos.

La **tercera etapa**, iniciada parcialmente en el primer cuatrimestre y desarrollada principalmente durante el segundo, consistió en la **implementación** de los microproyectos en las asignaturas participantes. Las actividades diseñadas se integraron en la evaluación continua de cada asignatura, permitiendo al estudiantado desarrollar competencias específicas. Antes de la presentación del microproyecto, el profesorado presentó el proyecto común para que los estudiantes tuvieran una visión global del proyecto. La plataforma PRADO se utilizó como soporte institucional para la entrega y retroalimentación de tareas, garantizando la trazabilidad del trabajo.

La cuarta etapa abordó la evaluación parcial de la experiencia. Para ello, se diseñó y elaboró un cuestionario compuesto por 9 preguntas cerradas y una abierta, con el fin de recoger datos sobre la participación del alumnado, su percepción de utilidad y el grado de satisfacción con la metodología implementada. El análisis de esta información constituye la base para la reflexión metodológica y la toma de decisiones de mejora en la siguiente fase de implementación del proyecto.

Durante todas las etapas se ha contado con el uso de la plataforma institucional PRADO (Plataforma de Recursos de Apoyo a la Docencia de la UGR, basada en Moodle), así como herramientas colaborativas digitales para facilitar la integración de tareas, como Trello, y para intercambio de información entre el profesorado, como Google drive.

4. RESULTADOS

Considerando el desarrollo de las etapas metodológicas descritas en la sección anterior, se han obtenido una serie de resultados que permiten valorar tanto el grado de implementación del proyecto como su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje del estudiantado. En esta sección se recogen los principales hallazgos, siguiendo la misma estructura metodológica, lo que facilita una visión coherente con el avance del proyecto.

Durante la primera fase se realizó el intercambio de información entre las asignaturas y la identificación de puntos de conexión entre los contenidos de las materias. El cuestionario inicial cumplió su función de

diagnóstico, ofreciendo una visión global de los requisitos, competencias y momentos óptimos de integración en cada asignatura. Entre las oportunidades de mejora, se detectó la necesidad de incorporar mecanismos más ágiles de recogida y análisis de esta información en futuras ediciones. Como resultado, se consensuó un proyecto común —una promoción de 21 viviendas unifamiliares— que permitió articular los diferentes microproyectos y garantizar la coherencia transversal del aprendizaje.

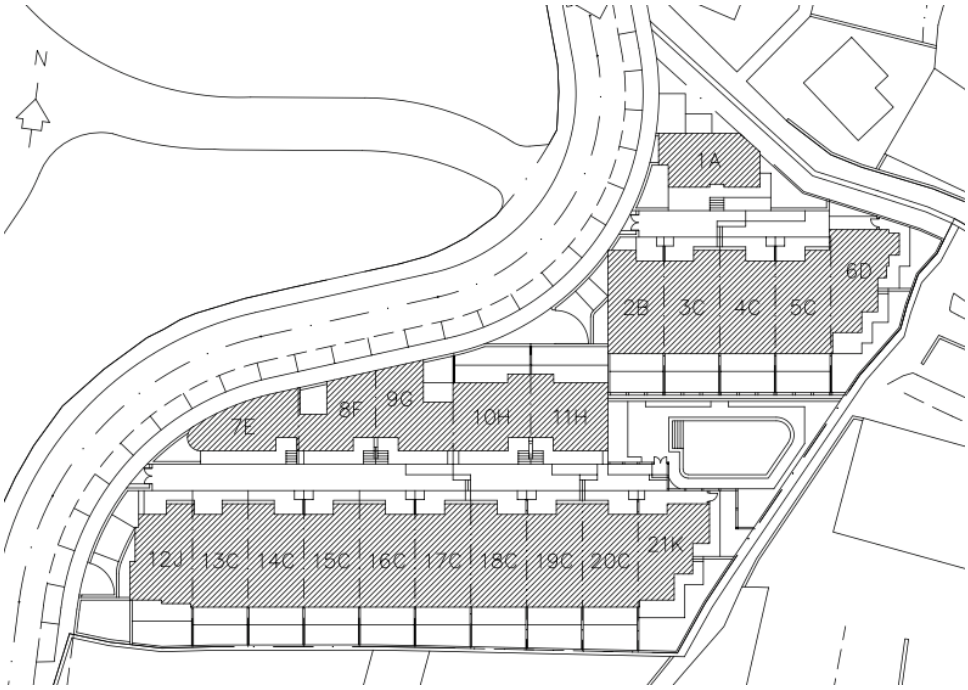


Figura 1. Distribución de las 21 viviendas unifamiliares del proyecto común.

Las asignaturas en las que se ha comenzado a trabajar de forma efectiva con microproyectos vinculados al proyecto común han sido *Construcción IV: Sistemas Integrados de Tecnología Elemental* y *Materiales II: Tecnología de los Materiales* durante el primer cuatrimestre, y *Materiales III: Ensayos y Control*, *Mediciones y Presupuestos* y *Proyectos II: Ingeniería de Edificación Compleja* en el segundo cuatrimestre, del Grado en Edificación. En el Grado en Estudios de Arquitectura sólo se ha aplicado en una asignatura del segundo cuatrimestre, Introducción a la construcción. En cada una de ellas, el profesorado ha desarrollado actividades específicas basadas en el proyecto de las viviendas unifamiliares previamente consensuada como núcleo común de trabajo. En la Tabla 3 se detallan las asignaturas, así como el curso, cuatrimestre y el objetivo que se ha planteado en sus correspondientes microproyectos. La asignatura sombreada en color azul es la que pertenece al Grado en Estudios de Arquitectura.

Tabla 3. Información de las asignaturas y objetivos planteados

Asignatura	Curso	Cuatrimestre	Objetivo
Construcción IV: Sistemas Integrados de Tecnología Elemental	3	1º	Resolución de muro de contención y de cubierta en cumplimiento al articulado del CTE DBH1 Protección frente a la humedad.
Materiales II: Tecnología de los Materiales	2	1º	Elaborar el plan de control del hormigón según lo establecido en el Código Estructural.
Proyectos II: Ingeniería de Edificación Compleja	3	2º	Calificación energética del edificio. Demanda de energía y consumo.
Materiales III: Ensayos y Control	2	2º	Elaborar la recepción de productos del plan de control de todos los materiales, excepto del hormigón.
Mediciones y Presupuestos	3	2º	Realizar la medición de una de las viviendas del proyecto.
Introducción a la construcción	1	2º	Elaboración del conjunto de planos que permita definir y construir la estructura portante del edificio.

Como puede observarse, tanto en segundo como en tercer curso se ha mantenido la continuidad del proyecto, de modo que la mayoría del alumnado que participó en el primer cuatrimestre ha seguido

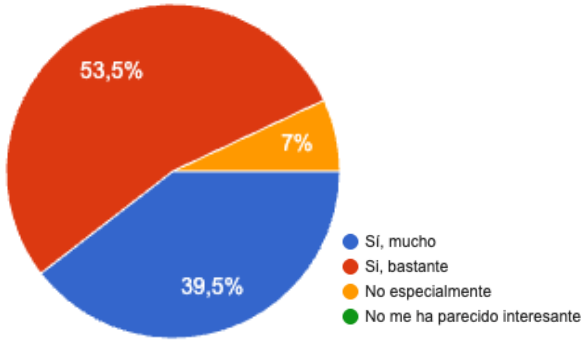
trabajando sobre el mismo proyecto en otras asignaturas del segundo. En el caso del estudiantado del Grado en Arquitectura, está previsto que retomen el proyecto en asignaturas de segundo curso durante el primer cuatrimestre del curso académico 2025/2026.

Con el objetivo de evaluar la percepción del alumnado, se diseñó un cuestionario anónimo utilizando la herramienta Google Forms (Google, 2025). El cuestionario incluía ítems relacionados con el grado de interés generado por la propuesta, la utilidad percibida del trabajo coordinado, el número de asignaturas en las que se había implementado la metodología y el grado de satisfacción general. Hasta la fecha, han respondido al cuestionario un total de 43 estudiantes.

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos en dicha encuesta:

Tabla 4. Resultados del cuestionario realizado a los estudiantes

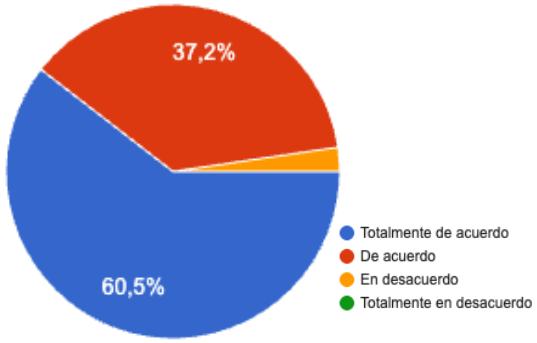
¿Te ha parecido interesante la propuesta de trabajar en un proyecto común entre varias asignaturas?



Como se puede observar, más del 90% de los estudiantes consideran interesante o muy interesante la propuesta de trabajar en un proyecto común.

Esto sugiere una muy buena acogida inicial del enfoque coordinado, lo que puede relacionarse con una mayor implicación y motivación para trabajar de forma más integrada.

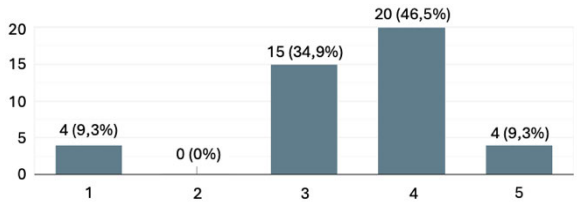
¿Consideras que trabajar sobre un mismo proyecto en diferentes asignaturas mejora tu comprensión global del proceso edificatorio?



La práctica totalidad del alumnado está de acuerdo o muy de acuerdo en que esta metodología mejora la comprensión global del proceso edificatorio.

Este dato refuerza que el ABP coordinado contribuye significativamente a la comprensión transversal, uno de los objetivos clave del proyecto.

¿Cómo valorarías el nivel de coordinación percibido entre las asignaturas en las que se ha implementado el proyecto común?



Los resultados muestran una valoración positiva, pero no homogénea. Algunos estudiantes perciben buena coordinación, mientras que otros identifican diferencias.

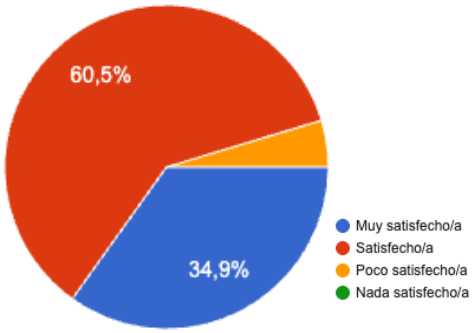
Esto pone de manifiesto una oportunidad de mejora en la alineación docente.

¿En cuántas asignaturas has trabajado este cuatrimestre en relación con el proyecto común (vivienda unifamiliar u otro)?



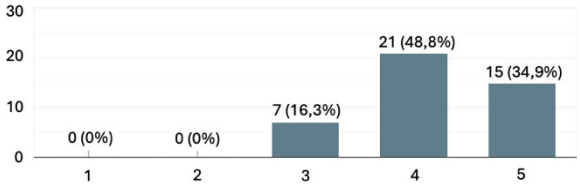
La mayoría del alumnado ha trabajado el proyecto en dos o más asignaturas, lo que evidencia que la implantación no ha sido puntual, sino que existe una continuidad real en la experiencia de aprendizaje integrado.

¿Qué grado de satisfacción tienes con esta forma de trabajar (Aprendizaje Basado en Proyectos Coordinados)?



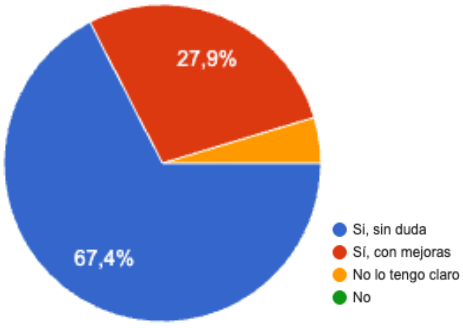
El grado de satisfacción general es elevado, con una mayoría clara de respuestas positivas. Este resultado valida el enfoque metodológico desde la perspectiva del estudiantado.

¿Te ha resultado útil aplicar contenidos teóricos a un caso práctico común en varias asignaturas?



Los estudiantes perciben gran utilidad en el enfoque práctico-común. Esto confirma que la aplicación conjunta de conocimientos mejora la transferencia de lo aprendido a contextos reales.

¿Recomendarías mantener esta metodología en futuras asignaturas y cursos?



Una amplísima mayoría recomienda continuar con esta metodología, lo que implica que el proyecto ha generado una experiencia positiva, sostenible y deseable para su extensión.

A continuación, en la Tabla 5, se presentan los comentarios aportados por aquellos estudiantes que han contestado que recomiendan mantener la metodología en un futuro, pero con mejoras

Tabla 5 Comentarios de los estudiantes sobre las mejoras que realizarían

Nº	Comentario
1	Meter más asignaturas del mismo curso, a ser posible en todas y que sean todas con la misma información y características.
2	Que todos los profesores tengan la misma implicación con el proyecto y no toda la carga para unos pocos.
3	Dar el proyecto completo a los estudiantes en cada asignatura relacionada para facilitar la realización de conexión entre ellos.
4	Definir un poco mejor los proyectos que nos hacen llegar, capas, proyecciones, creo que los profesores hacen un gran trabajo.
5	Más coordinación.
6	Que en cada una de las asignaturas se tuviese el mismo criterio constructivo y que las características constructivas del edificio no varíen dependiendo de si estás en una asignatura u otra
7	Mayor cantidad de información y claridad en los planos y memorias

Además de las respuestas cuantitativas, los comentarios cualitativos recogidos en la encuesta reflejan una actitud constructiva por parte del alumnado para la mejora del proyecto. Entre las sugerencias más repetidas destaca la necesidad de ampliar el número de asignaturas implicadas y lograr una mayor homogeneidad en la información y en el grado de implicación del profesorado. También se menciona el deseo de que se presente el proyecto completo en cada asignatura, para facilitar la conexión entre tareas y la comprensión del conjunto desde el inicio. Por otro lado, se propone mejorar la definición técnica de los proyectos entregados, con planos más detallados y mayor coherencia gráfica entre asignaturas. En conjunto, estas aportaciones subrayan la importancia de una coordinación docente más sólida y visible, clave para consolidar el enfoque del ABP coordinado como metodología eficaz y satisfactoria.

De manera general, los datos recogidos en la encuesta muestran una valoración muy positiva del enfoque ABP coordinado entre asignaturas. El alumnado no solo encuentra interesante la propuesta, sino que reconoce en ella una herramienta útil para entender de manera integrada el proceso edificatorio. Los altos niveles de satisfacción y recomendación confirman el acierto metodológico.

No obstante, también emergen señales que invitan a la mejora, especialmente en lo que respecta a la coordinación percibida entre docentes. Esta retroalimentación será clave para la planificación del primer cuatrimestre del curso siguiente y para futuras ediciones del proyecto, ya que permitirá ajustar y optimizar tanto la estructura como la experiencia docente y formativa.

Desde el punto de vista del profesorado, este enfoque también ha resultado enriquecedor, destacándose como aspectos positivos la mejora en la coordinación docente, la posibilidad de integrar competencias entre asignaturas y el aumento del compromiso del estudiantado. No obstante, también se han identificado algunos retos, como la necesidad de una mayor planificación conjunta y la complejidad de ajustar tiempos y criterios entre materias.

5. CONCLUSIONES

La implementación parcial del proyecto ABP_CAE durante el curso 2024/2025 ha permitido validar la viabilidad y el potencial transformador de una metodología ABP entre asignaturas en titulaciones técnicas como Edificación y Arquitectura. El diseño de un proyecto común, como una vivienda unifamiliar, ha funcionado como eje integrador que ha favorecido la conexión entre competencias, contenidos y resultados de aprendizaje, aportando coherencia y sentido global al proceso formativo.

Los resultados de la encuesta muestran una alta aceptación por parte del alumnado. La mayoría de quienes han participado en la implantación en esta primera etapa del ABP, considera que trabajar sobre un mismo proyecto en diferentes asignaturas mejora su comprensión del proceso edificatorio. Asimismo, valora

positivamente la utilidad de aplicar contenidos teóricos a un caso práctico compartido y recomienda mantener esta metodología en futuros cursos y asignaturas.

No obstante, los comentarios del alumnado también han puesto de manifiesto aspectos susceptibles de mejora, como la necesidad de reforzar la coordinación entre asignaturas, homogeneizar la implicación del profesorado y proporcionar una información más clara y completa desde el inicio del proyecto. Estas observaciones constituyen una valiosa fuente de retroalimentación que será fundamental para la planificación del segundo cuatrimestre y para futuras ediciones del proyecto.

En definitiva, el proyecto representa un avance hacia una docencia más integrada, contextualizada y orientada al aprendizaje significativo. Su continuidad, expansión a más asignaturas y perfeccionamiento metodológico pueden contribuir de forma decisiva a la mejora de la calidad educativa en el ámbito de la edificación y servir de modelo para otras titulaciones técnicas que busquen promover una formación más conectada con la realidad profesional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. Book excerpt. *George Lucas Educational Foundation*.

Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas, 83*(2), 39–43. https://doi.org/10.1080/00098650903505415

Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Caeiro-Rodríguez, M., Llamas-Nistal, M., Mikic-Fonte, F. A., Silva, A., Rainer, A., Fernández-Iglesias, M. J., ... & Mikic, F. (2021). Teaching soft skills in engineering education: An European perspective. *IEEE Access*, 9, 29222–29242. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3059516

Chen, J., Kolmos, A., & Du, X. (2021). Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: A review of literature. *European Journal of Engineering Education, 46*(1), 90–115. https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1718615

European Commission. (2017). *Improving and modernising education systems*. Brussels, Belgium.

Google. (n.d.). Google Forms. Google. https://forms.google.com

Miranda-Mendoza, J., Navarrete-Corella, C., Noguez, J., Molina-Espinosa, J. M., Navarro-Tuch, S. A., Bustamante-Bello, M. R., & Molina, A. (2021). The core components of Education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education. *Computers & Electrical Engineering*, 93, 107278. https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107278

Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education, 95*(2), 123–138. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x

Sukackė, V., Guerra, A. O. P. d. C., Ellinger, D., Carlos, V., Petronienė, S., Gaižiūnienė, L., Blanch, S., Marbà-Tallada, A., & Brose, A. (2022). Towards Active Evidence-Based Learning in Engineering Education: A Systematic Literature Review of PBL, PjBL, and CBL. *Sustainability*, *14*(21), 13955. https://doi.org/10.3390/su142113955

Sukkar, A., Yahia, M. W., Mushtaha, E., Maksoud, A., Abdalla, S. B., Nasif, O., & Melahifci, O. (2023). Applying active learning method to improve teaching outcomes in architectural engineering courses. *Open House International*, 49(1), 205–220. https://doi.org/10.1108/OHI-10-2022-0259

Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. The Buck Institute for Education. https://tecfa.unige.ch/proj/eteach-net/Thomas_researchreview_PBL.pdf

Upadhye, V., & Madhe, S. (2025). *Project Based Learning as an Active Learning Strategy in Engineering Education*. *Journal of Engineering Education and Technology*, 38(3), 25086. https://doi.org/10.16920/jeet/2022/v36is1/22169

COMPARATIVA CURRICULAR DEL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN EN LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y ARQUITECTURA TÉCNICA EN ESPAÑA

COMPARATIVE CURRICULUM OF THE CONSTRUCTION AREA IN THE STUDIES OF BUILDING ENGINEERING AND TECHNICAL ARCHITECTURE IN SPAIN

Elisabet Suárez Vargas[(1)], M. Lourdes Gutiérrez-Carrillo[(1)]

[1] Dpto. de Construcciones Arquitectónicas, E.T.S. Ingeniería de Edificación, Universidad de Granada, elisabetsv@ugr.es, mlgutier@ugr.es

RESUMEN

Dentro de las materias específicas del ámbito de la Tecnología de la Edificación, las asignaturas adscritas al área de Construcción tienen un peso significativo en la formación de los futuros graduados en Edificación o Arquitectura Técnica. Tal y como establece la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), estos profesionales desempeñarán un papel relevante en la ejecución material de las obras. Además, la Orden ECI/3855/2007 define las competencias que deben adquirir los egresados, muchas de las cuales se desarrollan directamente en este bloque formativo.

Esta comunicación analiza el papel que desempeñan las asignaturas de Construcción tanto en el primer curso, como vía de iniciación a la disciplina, como en los últimos cursos, donde suelen centrarse en la intervención sobre el patrimonio edificado. En primer curso, la asignatura resulta de gran trascendencia pues busca captar el interés del estudiantado y formarlo en competencias relacionadas con los procesos básicos constructivos en edificación. En los últimos cursos, en cambio, se aborda desde una perspectiva más técnica y especializada, donde el conocimiento global del proceso edificatorio es fundamental para intervenir en contextos reales y complejos, bajo unos parámetros adaptados a su realidad y potencialidad.

El objetivo de esta comunicación pretende analizar dicho bloque de construcciones a partir de un estudio comparado entre las titulaciones de Arquitectura Técnica y Grado en Edificación que se imparten en España. Se completa con un estudio específico de las asignaturas que se imparten en primer y último curso de las titulaciones ya citadas. Se presentan resultados que evidencian una heterogeneidad en la estructura y el enfoque de las materias, lo que abre un debate sobre la necesidad de una mayor coordinación y actualización curricular.

***Palabras clave**: Construcción, Arquitectura Técnica, Ingeniería de Edificación, Plan de estudios*

ABSTRACT

Within the specific subjects in the field of Building Technology, the subjects assigned to the area of Construction have a significant weight in the education of future graduates in Building or Technical Architecture. As established by the Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), these professionals will play a relevant role in the material execution of the works. In addition, Order ECI/3855/2007 defines the competences that graduates must acquire, many of which are directly developed in this training block.

This paper analyzes the role performed by construction subjects both in the first year, as a way of initiation to the discipline, and in the last years, where they tend to focus on intervention on the built heritage. In the first year, the subject is of great importance because it seeks to capture the interest of students and train them

in skills related to basic construction processes in building. In the last courses, however, it is approached from a more technical and specialized perspective, where the global knowledge of the building process is essential to intervene in real and complex contexts, under parameters adapted to their reality and potential.

The objective of this communication is to analyze this block of constructions from a comparative study between the degrees of Technical Architecture and Degree in Building that are taught in Spain. It is completed with a specific study of the subjects offered in the first and last year of the aforementioned degrees. Results are presented that show heterogeneity in the structure and focus of the subjects, which opens a debate on the need for greater coordination and curricular updating.

***Keywords**: Construction, Technical Architecture, Building Engineering, Education Plan*

1. INTRODUCCIÓN

En el marco de los estudios universitarios vinculados a la edificación, las asignaturas adscritas al área de Construcción ocupan un lugar central en la formación técnica, práctica y profesional del estudiantado. Estas materias están presentes en los planes de estudio de los Grados en Arquitectura Técnica, Edificación, Ingeniería de Edificación y Arquitectura Técnica y Edificación, impartidos tanto en universidades públicas como privadas del territorio español. Su inclusión responde a la necesidad de dotar a los futuros profesionales de las competencias requeridas para intervenir de manera eficaz en la ejecución material de las obras, tal y como establece la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE, 1999), así como a los criterios formativos definidos en la Orden ECI/3855/2007, donde se concretan muchas de las competencias específicas que se desarrollan precisamente dentro de este bloque formativo.

La Construcción, como disciplina técnico-científica, tiene como principal objetivo el análisis y gestión del proceso constructivo, el cual ha experimentado en los últimos años una evolución acelerada hacia la industrialización, prefabricación y digitalización, abriendo un campo emergente de innovación técnica que ha transformado profundamente las especialidades intervinientes en el proceso edificatorio.

Desde una perspectiva curricular, las asignaturas del área de Construcción se distribuyen a lo largo de toda la titulación, adquiriendo un significado particular tanto en los primeros cursos como en los últimos. En el inicio del grado, su objetivo principal es introducir al alumnado en los fundamentos de la edificación, despertando su interés y sentando las bases para comprender los procesos básicos constructivos. En este contexto, cumple un papel motivador y formativo, facilitando la comprensión de los sistemas constructivos, los materiales y su correcta aplicación. En los cursos avanzados, la enseñanza adopta un carácter más técnico y especializado, abordando la complejidad de los procesos edificatorios e incidiendo especialmente en la intervención sobre el patrimonio construido. En esta etapa, la visión global del proceso constructivo y la capacidad de adaptación a contextos reales y cambiantes resultan esenciales para el desempeño profesional. Esta progresión curricular permite al estudiantado adquirir una comprensión integral del proceso y desarrollar capacidades para actuar en contextos reales y complejos, ajustados a las exigencias profesionales.

En paralelo, el impulso de modelos constructivos orientados a la sostenibilidad, centrados en la prolongación del ciclo de vida de los materiales, la reducción de residuos y la eficiencia energética, ha dado protagonismo a disciplinas como la Rehabilitación. Esta ha evolucionado desde una rama centrada en la recuperación funcional de los edificios ante procesos de deterioro, hacia una concepción más integral que incorpora el mantenimiento periódico y programado, así como parámetros medioambientales ligados al consumo energético y a la reducción de emisiones de CO_2. El reto actual radica en equilibrar la conservación del parque edificado existente con su adaptación a nuevas exigencias técnicas, lo que requiere una formación integral, capaz de responder a la especificidad de cada intervención.

Pese a su importancia estratégica, los contenidos, enfoques y estructuras de las asignaturas del área de Construcción presentan una heterogeneidad significativa entre universidades, tanto en carga lectiva como en orientación pedagógica y nivel de especialización. Esta diversidad curricular plantea interrogantes en torno a la coherencia formativa entre titulaciones afines. En este contexto, se hace necesario un análisis comparativo que permita identificar patrones comunes, divergencias significativas y posibles áreas de mejora. Reflexionar sobre estos aspectos puede contribuir a una mayor coordinación entre centros, así como a la actualización de contenidos y estrategias docentes, asegurando una formación más homogénea, pertinente y alineada con las demandas actuales del sector.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como propósito analizar la configuración curricular del área de Construcción en los estudios universitarios de los grados en Arquitectura Técnica, Edificación, Ingeniería de Edificación o Arquitectura Técnica y Edificación en universidades españolas. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar comparativamente la organización y carga lectiva del área de Construcción.
- Comparar el enfoque, carga lectiva y distribución de contenidos en las asignaturas introductorias y aquellas relacionadas con Patología, Mantenimiento y Rehabilitación, identificando patrones comunes y divergencias significativas.
- Reflexionar sobre la coherencia curricular del área de Construcción a nivel nacional e identificar oportunidades de mejora en la estructuración y actualización, tomando como referencia el plan de estudios del Grado en Edificación de la Universidad de Granada.

3. METODOLOGÍA

Este estudio se fundamenta en un análisis comparativo de los planes de estudio de universidades españolas que imparten titulaciones afines al Grado en Edificación. La información se ha recopilado a partir de fuentes oficiales disponibles en los sitios web institucionales. La metodología se articula en dos niveles:

- Macroanálisis, por una parte, se ha evaluado la denominación de los títulos oficiales y el año de implantación del plan de estudios; y por otra, la carga lectiva obligatoria en créditos ECTS del conjunto de asignaturas adscritas al área de Construcción, considerando su encuadre en el módulo de Formación Específica conforme a la Orden ECI/3855/2007.
- Microanálisis, centrado en el estudio detallado de dos asignaturas clave del área de Construcción: la asignatura introductoria (asimilable a *Construcción I* en la UGR), que inicia al alumnado en los fundamentos del proceso constructivo, y la asignatura final (asimilable a *Construcción VI*), que aborda la intervención en el patrimonio edificado y su mantenimiento.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis curricular del área de Construcción a nivel nacional

El Grado en Edificación, junto con titulaciones análogas que habilitan para el ejercicio profesional de la Arquitectura Técnica, se imparten en España en un total de 21 universidades, todas de carácter público, excepto la Universidad Católica de Murcia, que es privada. La Tabla 1 recoge un listado completo de estas universidades, detallando su titularidad, la denominación oficial del grado, el año de aprobación de su Plan de Estudios y el número de créditos obligatorios del bloque de Construcción.

Se identifican cuatro denominaciones distintas para estas titulaciones**,** todas ellas haciendo referencia a los términos “Arquitectura Técnica” o “Edificación”, aunque con variaciones en su formulación. La denominación más frecuente es “Grado en Arquitectura Técnica”, utilizada en 9 universidades, seguida de “Grado en Edificación”, ofrecido por 5 universidades. Cuatro universidades optan por “Grado en Arquitectura Técnica y Edificación”, y tres mantienen el nombre original de “Grado en Ingeniería de Edificación”.

El Libro Blanco de la titulación (ANECA, 2004), encuadra a las asignaturas objeto de estudio dentro de la materia "Técnicas y tecnologías de la edificación" y en los contenidos formativos de "Historia de la construcción. Tecnología y sistemas constructivos. Control de la ejecución. Mantenimiento. Patología, restauración y rehabilitación. Equipos de obra. Construcción sostenible. Análisis energéticos de los edificios". Las principales destrezas, habilidades y competencias asociadas (DHC 3) son:

- Identificar los elementos constructivos y sus partes y definir la misión de cada uno de ellos.
- Identificar y reconocer las diferentes tipologías constructivas, su morfología, su función y su comportamiento.
- Conocer teórica y prácticamente las técnicas de construcción propias y compatibles con los diferentes sistemas constructivos y su desarrollo en el tiempo.

- Conocer los materiales de construcción adecuados a cada tipología constructiva, y supuesta en obra en el proceso constructivo.
- Conocer las causas y manifestaciones de las patologías más usuales en los edificios
- Planificar las necesidades de mantenimiento y aplicar un mantenimiento adecuado a los edificios.
- Conocer las actuaciones constructivas específicas de la rehabilitación y restauración de edificios.

Haciendo un análisis sistematizado, en lo que respecta a la cronología de aprobación de los planes de estudios, la mayoría se establecieron durante los primeros años de implantación del Grado en Ingeniería de Edificación, coincidiendo con el proceso de convergencia con el EEES. Destacan, por su reciente aprobación, el plan de estudios de la Universidad de A Coruña, aprobado en 2020, y el de la Universidad de Alcalá, aprobado en 2021. El plan de estudios de mayor antigüedad corresponde a la Universidad Católica de Murcia, datado en el año 2008.

Tabla 1. Universidades españolas donde se imparte el Grado en Edificación o titulaciones análogas. Tipo: P: Pública; PR: Privada.

Universidad	Siglas	Tipo	Denominación del grado	Plan de Estudios[1]	Nº ECTS Construcción obligatorios
Universidad de Alcalá (Guadalajara)	UAH	P	G. en Arquitectura Técnica y Edificación	2021	37.5
Universidad de Alicante	UA	P	G. en Arquitectura Técnica	2014	36
Universidad de Zaragoza	UZ	P	G. en Arquitectura Técnica	2014	30
Universidad de Burgos	UBU	P	G. en Arquitectura Técnica	2010	39
Universidad Politécnica de Cartagena (Murcia)	UPCT	P	G. en Ingeniería de Edificación	2009	33
Universidad de Castilla - La Mancha (Cuenca)	UCLM	P	G. en Ingeniería de Edificación	2009	33
Universidad de A Coruña	UDC	P	G. en Arquitectura Técnica	2020	36
Universidad Politécnica de Catalunya (Barcelona)	UPC	P	G. en Arquitectura Técnica y Edificación	2016	37.5
Universidad de Extremadura (Cáceres)	UEX	P	G. en Edificación	2009	36
Universitat de Girona	UdG	P	G. en Arquitectura Técnica y Edificación	2017	39
Universidad de Granada	UGR	P	G. en Edificación	2014	36
Universitat de les Illes Balears (P. de Mallorca)	UIB	P	G. en Edificación	2009	33
Universitat Jaume I (Castellón)	UJI	P	G. en Arquitectura Técnica	2009	36
Universidad de La Laguna	ULL	P	G. en Arquitectura Técnica	2009	30
Universidad de Lleida	UdL	P	G. en Arquitectura Técnica y Edificación	2017	18
Universidad Politécnica de Madrid	UPM	P	G. en Edificación	2009	39
Universidad del País Vasco (Guipúzcoa)	UPV/EHV	P	G. en Arquitectura Técnica	2010	40.5
Universidad de Salamanca (Zamora)	USAL	P	G. en Arquitectura Técnica	2010	37.5
Universidad de Sevilla	US	P	G. en Edificación	2016	42
Universitat Politècnica de Valencia	UPV	P	G. en Arquitectura Técnica	2010	33
Universidad Católica de Murcia	UCAM	PR	G. en Ingeniería de Edificación	2008	30

Esta variabilidad refleja tanto cierta heterogeneidad terminológica e institucional como disparidad en los procesos de actualización curricular, lo cual plantea interrogantes sobre la coordinación académica a nivel nacional y sobre la necesidad de establecer líneas estratégicas comunes que fortalezcan la identidad y el reconocimiento de la disciplina a nivel nacional.

[1] Plan de Estudios hace referencia a la Fecha de Alta Inicial de la titulación, coincidente con Fecha de publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros en el BOE, consultada en el Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT) del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (www.educacion.gob.es/ruct)

La carga lectiva obligatoria en Construcción varía significativamente, oscilando entre 18 y 42 ECTS. Esta diferencia evidencia la ausencia de criterios comunes, pese al carácter estratégico de esta área en la formación de los grados vinculados a la Edificación. El valor mínimo se registra en la Universidad de Lleida, aunque se complementa con un itinerario optativo en Construcción Sostenible del mismo peso, que refuerza la formación especializada. En el extremo opuesto, la Universidad de Sevilla (42 ECTS) y la Universidad del País Vasco (40,5 ECTS) reflejan una fuerte apuesta por esta área. Un número considerable de universidades sitúa la carga obligatoria en torno a los 36 ECTS, lo que sugiere una cierta convergencia no normativa. Un caso singular es el de la Universitat Politècnica de Catalunya, donde las materias se distribuyen entre varios departamentos, permitiendo una visión holística del edificio y su gestión durante el ciclo de vida.

4.2 El bloque de Construcción en el Grado en Edificación en Universidad de Granada

El plan de estudios de la Universidad de Granda incluye seis asignaturas obligatorias del ámbito de la Construcción de 6 créditos ECTS cada una, sumando un total de 36 ECTS, más una optativa de 6 ECTS vinculada a la gestión patrimonial, como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Asignaturas del bloque de Construcción en el plan de estudios del grado en Edificación. O: Obligatoria. OP: Optativa

Curso	Semestre	Asignatura	Tipo	ECTS
1	1	Construcción I: Historia, Tipologías y Fundamentos de la Edificación	O	6
2	3	Construcción II: Sistemas Estructurales	O	6
2	4	Construcción III: Sistemas Complementarios	O	6
3	5	Construcción IV: Sistemas Integrados de Tecnología Elemental	O	6
3	6	Construcción V: Sistemas Integrados de Tecnología Compleja	O	6
4	7	Construcción VI: Sistemas Integrados de Tecnología Avanzada	O	6
4	8	El Patrimonio Edificado: Gestión y Conservación	OP	6

La primera asignatura del bloque es *Construcción I: Historia, Tipologías y Fundamentos de la Edificación*, impartida en el primer semestre del primer curso. Esta asignatura introductoria proporciona una formación básica, rigurosa y estructurada sobre los procesos constructivos, sirviendo como base para las asignaturas que se imparten en los cursos sucesivos. Se organiza en dos bloques temáticos: uno dedicado a los fundamentos de la construcción, y otro bloque centrado en la evolución histórica de las técnicas constructivas. Sus objetivos formativos iincluye la adquisición de competencias en representación gráfica, análisis formal, sistemas constructivos, instalaciones, el dominio de vocabulario técnico y la aplicación razonada de los conocimientos en ejercicios prácticos.

La asignatura *Construcción VI: Sistemas integrados de Tecnología Avanzada*, impartida en cuarto curso, aborda contenidos formativos relacionados con mantenimiento, patología, restauración y rehabilitación, construcción sostenible y análisis energético. Esta asignatura incorpora valores emergentes como la sostenibilidad urbana, la innovación tecnológica y la rehabilitación patrimonial, y se estructura en torno a tres disciplinas clave: patología de la edificación, mantenimiento programado de edificios y evaluación y rehabilitación energética para la mejora del confort y la eficiencia. Su ubicación en el último curso responde a su complejidad técnica y carácter integrador, que requiere conocimientos previos en materiales, sistemas y procesos constructivos.

4.3 Análisis de la asignatura inicial del área de Construcción a nivel nacional

En este apartado se analiza la primera asignatura vinculada al área de Construcción en los planes de estudio de las universidades españolas, tomando como referencia *Construcción I: Historia, Tipologías y Fundamentos de la Edificación* de la Universidad de Granada. Esta asignatura se estructura en dos bloques: uno introductorio, centrado en conceptos básicos del proceso constructivo, y otro dedicado a la evolución histórica de las técnicas edificatorias.

Se ha realizado una revisión de las guías docentes (curso 2023/2024) de todas las universidades. La Tabla 3 recoge el listado de todas las universidades, el nombre de la primera asignatura relacionada con el proceso constructivo (ECTS_C) y las asignaturas dedicadas a la evolución histórico-constructiva (ECTS_H), incluyendo

el curso y semestre de impartición. En 13 titulaciones estos bloques se imparten en asignaturas diferenciadas, mientras que en 6 —entre ellas la UGR— se integran en una sola. En 2 universidades (Politècnica de València y Politècnica de Catalunya) no se han identificado contenidos específicos dedicados a la historia de la construcción ni en la primera asignatura de Construcción ni en una asignatura específica. La Figura 1 refleja esta distribución, ordenando las universidades de mayor a menor créditos ECTS_C. La asignación más común es de 6 ECTS tanto para el bloque de construcción como para el de historia. En siete universidades se asignan 6 créditos exclusivamente a la historia, siendo esta la carga más elevada observada.

Tabla 3. Asignaturas asimilables a *Construcción I: Historia, Tipologías y Fundamentos de la Edificación* de la UGR en los planes de estudio de grado de las universidades españolas. ECTS_C: créditos asociados al bloque de Construcción. ECTS_H: créditos asociados al bloque de Historia. (Suárez Vargas, 2024)

Siglas	Asignatura	ECTS	ECTS_C	ECTS_H	Curso	Semestre
UAH	Fundamentos de Construcción	6	4	2	1	2
UA	Historia de la Construcción	6	0	6	1	1
	Fundamentos de Construcción	6	6	0	1	2
UZ	Edificación I	6	6	0	1	1
	Historia de la Construcción	6	0	6	1	2
UBU	Construcción I	6	6	0	1	1
	Construcción II *	6	3	3	1	2
UPCT	Fundamentos de Construcción	6	6	0	1	1
	Historia de la Construcción	3	0	3	2	3
UCLM	Construcción I	6	0	6	1	1
	Construcción II	6	6	0	1	2
UDC	Construcción I	6	6	0	1	2
	Historia de la Construcción y Patrimonio Arquitectónico Gallego	4.5	0	4.5	4	8
UPC	Introducción a la Construcción	4.5	4.5	0	1	1
UEX	Construcción I	6	5.4	0.6	1	2
UdG	Construcción I	6	6	0	1	1
	Historia de la Construcción	3	0	3	2	4
UGR	Construcción I: Historia, Tipologías y Fundamentos de la Edificación	6	4	2	1	1
UIB	Construcción I: Historia de la Construcción	6	0	6	1	1
	Construcción II	6	6	0	2	3
UJI	Construcción I: Fundamentos	6	4.3	1.7	1	2
ULL	Construcción 1	9	8.1	0.9	2	3
UdL	Historia de la Construcción	6	0	6	1	2
	Sist. y Tipologías de la Construcción	6	6	0	2	4
UPM	Introducción a la Construcción	6	6	0	1	2
	Historia de la Construcción	3	0	3	3	6
UPV/EHV	Construcción I	7.5	7.5	0	1	Anual
	Historia de la Construcción	6	0	6	2	3
USAL	Construcción I	6	6	0	1	1
	Historia de la Construcción	4.5	0	4.5	3	5
US	Historia de la Construcción e Introducción a la Construcción	6	0	6	1	2
	Construcción I: Geotecnia y Cimientos	6	6	0	2	3

Siglas	Asignatura	ECTS	ECTS_C	ECTS_H	Curso	Semestre
UPV	Construcción I	9	9	0	1	Anual
UCAM	Historia de la Construcción	3	0	3	1	2
	Introducción a la Construcción	4.5	4.5	0	1	2

* La parte de Historia se incorpora en la 2ª asignatura de Construcción. En el análisis posterior solo se consideran los créditos correspondientes a Historia, obviando los de Construcción.

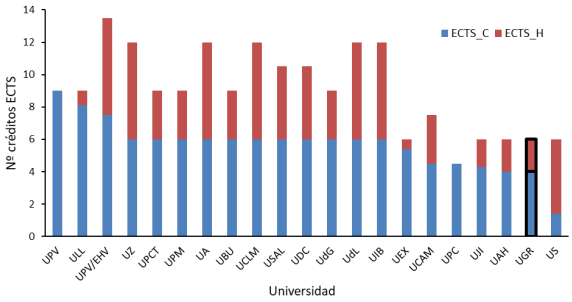


Figura 1. Nº de créditos ECTS de las asignaturas asimilables a Introducción a la Construcción de UGR en los planes de estudio de las universidades españolas, distinguiendo entre el Bloque de Construcción y el Bloque de Historia. (Suárez Vargas, 2024)

En cuanto a la temporalización de estas asignaturas, analizada en la Figura 2, la primera asignatura del bloque de Construcción se imparte siempre durante los dos primeros cursos del grado, con la peculiaridad de la Universitat de Lleida, que la sitúa en el cuarto semestre. El bloque histórico suele ubicarse también en el primer año, salvo en el caso singular de la Universidad de A Coruña, donde se ofrece en el último semestre del grado bajo la denominación *Historia de la Construcción y Patrimonio Arquitectónico Gallego*. En dos casos (Universidad del País Vasco y Universitat Politècnica de València) se trata de asignaturas anuales.

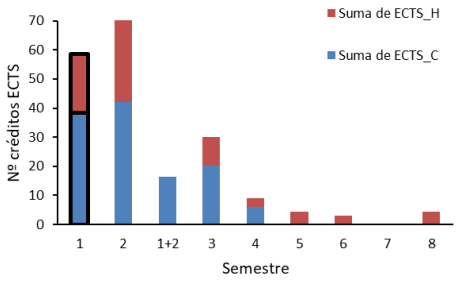


Figura 2. Semestre de impartición de las asignaturas asimilables a Introducción a la Construcción de UGR en los planes de estudio de las universidades españolas, distinguiendo entre el Bloque de Construcción (ECTS_C) y el Bloque de Historia (ECTS_H)

Este análisis pone de relieve la diversidad de enfoques curriculares adoptados en el ámbito nacional, tanto en la distribución de contenidos como en la carga docente y la organización temporal, lo que evidencia la falta de homogeneidad en la forma de abordar los fundamentos constructivos e históricos de la edificación. La ubicación temprana de estas asignaturas parece adecuada para introducir al alumnado en los fundamentos de la disciplina, pero resulta imprescindible asegurar que la enseñanza de la historia constructiva tenga continuidad y conexión con el resto de las materias técnicas.

4.4 Análisis de la asignatura final del área de Construcción a nivel nacional

El análisis de las asignaturas relacionadas de patología, rehabilitación y mantenimiento, recogido en la Tabla 3, muestra una presencia generalizada en asignaturas específicas en los planes de estudio, tanto en créditos obligatorios como optativos, tal y como se ilustra en la Figura 3. En universidades como Alicante o Alcalá, estos contenidos aparecen únicamente en la oferta optativa, mientras que en Girona y Lleida se combinan asignaturas obligatorias con itinerarios optativos de especialización. La carga lectiva más frecuente es de 6 ECTS. Sin embargo, existe disparidad: Girona ofrece asignaturas de 3 y 5 ECTS, la Politécnica de Madrid alcanza los 9 ECTS entre dos asignaturas obligatorias y la Politécnica de Valencia ofertan asignaturas optativas altamente especializadas de 12 ECTS cada una. Destaca especialmente la Universidad de Lleida, con un total de 24 ECTS optativos concentrados en un itinerario especializado en rehabilitación, mientras que, en el

extremo opuesto, la UCAM solo destina 4,5 ECTS optativos. Esta dispersión evidencia la falta de homogeneidad en la formación avanzada dentro del área en el conjunto del sistema universitario español.

En cuanto a su estructura, algunas titulaciones abordan los contenidos de patología, mantenimiento y rehabilitación de forma integrada (como Granada, Cartagena o Zaragoza), mientras que otras optan los fragmentan en asignaturas especializadas como inspección estructural o intervención en patrimonio (caso de Burgos, A Coruña o Alicante). Esta diversidad responde a distintos enfoques pedagógicos: integral, por elementos constructivos o centrado en técnicas de diagnóstico y reparación.

En ciertos planes, como el de Granada, los contenidos se distribuyen de forma transversal, con presencia en asignaturas como *Construcción VI* y la optativa *Gestor de Proyectos, de Producción y Mantenimiento*, lo que puede generar solapamientos y dispersión temática. Además, Granada incluye aspectos diferenciales como la rehabilitación energética, ausente de forma explícita en la mayoría de las universidades, lo que refuerza su apuesta por la sostenibilidad.

En cuanto a la temporalización, estas materias se imparten mayoritariamente en cuarto curso, excepto en Cartagena, Castilla-La Mancha, Extremadura, Lleida, Salamanca y Zaragoza que las ubican en tercero, una elección razonable dada la necesidad de conocimientos previos en tecnología constructiva.

En cuanto a denominaciones, se observa que no siempre reflejan con claridad el enfoque de la asignatura. Mientras muchas incluyen explícitamente términos como *rehabilitación*, *patología* o *mantenimiento*, otras —como Extremadura, Granada o el País Vasco— utilizan títulos más genéricos, como *Construcción VI*. Estas denominaciones no siempre reflejan adecuadamente el contenido, especialmente cuando se trata de intervenir sobre patrimonio protegido o de aplicar técnicas tradicionales compatibles con materiales originales. Se recomienda, por tanto, una revisión terminológica para mejorar la claridad y la identificación real de los contenidos y sus competencias asociadas.

Tabla 3. Asignaturas asimilables a *Construcción VI: Sistemas integrados de tecnología avanzada* de la UGR en los planes de estudio de grado de las universidades españolas. OB: obligatoria; OP: optativa. (Gutiérrez-Carrillo, M.L., 2022)

Universidad	Denominación Asignatura	Curso	ECTS	Tipo
UAH	Técnicas de intervención en el patrimonio construido	4	9	OP
UA	Patología y mantenimiento de edificios	4	6	OP
	Técnicas de Intervención en el patrimonio edificado	4	6	OP
UZ	Mantenimiento y Rehabilitación de edificio	3	6	OB
	Restauración monumental	3	5	OP
UBU	Patología y rehabilitación	4	6	OB
	Mantenimiento e inspección de las edificaciones		6	OP
UPCT	Restauración, rehabilitación, reparación, y mantenimiento de edificios	3	6	OB
	Patología y técnicas de restauración y conservación del patrimonio arquitectónico		3	OP
UCLM	Patología y restauración	3	6	OB
	Intervención en el patrimonio		4.5	OP
UDC	Patología, rehabilitación y mantenimiento de edificios	4	6	OB
	Inspección de estructuras	4	4.5	OP
UPC	Patología de la edificación	3	3	OB
	Taller 5: Diagnosis		6	OB
	Conservación y mantenimiento	4	4.5	OB
	Taller 7: Rehabilitación		7.5	OB
UEX	Construcción IV y mantenimiento I	3	6	OB
	Mantenimiento II y control de calidad	3	6	OB
	Patología y rehabilitación	3	6	OB
UdG	Patología y rehabilitación	4	3	OB

Universidad	Denominación Asignatura	Curso	ECTS	Tipo
	Análisis y rehabilitación de edificios históricos	4	5	OP
	Técnicas de intervención para la reparación de edificios	4	5	OP
UGR	Construcción VI: Sistemas integrados de tecnología avanzada	4	6	OB
	Gestor de proyectos, de producción y mantenimiento patrimonio edificado: gestión y conservación	4	6	OP
UIB	Patología	4	6	OB
	Proyectos de rehabilitación	3 y 4	6	OP
UJI	Proyectos de conservación de mantenimiento	4	6	OB
	Diagnóstico e intervención en edificios existentes	4	6	OP
ULL	Patología, rehabilitación y conservación del patrimonio construido	4	6	OB
	Rehabilitación de la edificación	4	6	OP
UdL	Patología y diagnosis	3	6	OB
	Rehabilitación 1	4	6	OP
	Rehabilitación 2	4	6	OP
	Rehabilitación 3	4	6	OP
UPM	Patología y rehabilitación	4	6	OB
	Mantenimiento	4	3	OB
UPV/EHV	Construcción IV	4	9	OB
USAL	Patología y restauración	3	6	OB
US	Restauración y patología de la edificación	4	6	OB
	Rehabilitación y prefabricación de estructuras en Edificación	4	6	OP
UPV	Construcción VI	4	4.5	OB
	Intervención en construcciones históricas	4	12	OP
	Inspección de construcciones metálicas*	4	12	OP
UCAM	Patología en edificación	3 y 4	4.5	OP

* Asignatura no ofertada en el curso académico 2025/2026.

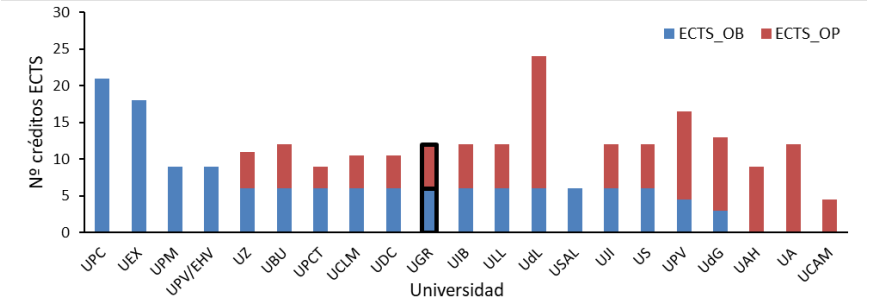


Figura 3. Nº de créditos ECTS de las asignaturas asimilables *Construcción VI: Sistemas integrados de tecnología avanzada* de UGR en los planes de estudio de las universidades españolas, distinguiendo entre créditos obligatorio y optativos. (Gutiérrez-Carrillo, M.L., 2022)

5. CONCLUSIONES

El estudio comparativo realizado sobre el área de Construcción en los Grados en Arquitectura Técnica, Edificación, Ingeniería de Edificación y Arquitectura Técnica y Edificación en España revela una notable heterogeneidad en la estructura, carga lectiva y enfoque de las asignaturas, tanto en los inicios del plan de estudios como en sus etapas finales.

Las asignaturas introductorias de construcción y las relacionadas con evolución histórica del proceso constructivo presentan diferencias significativas en cuanto a su denominación, contenido y organización temática. Mientras algunas universidades integran ambos bloques en una única asignatura, otras optan por separar ambos bloques y otras no ofertan contenidos históricos. Esta diversidad dificulta la adquisición homogénea de competencias básicas en el ámbito nacional.

En cuanto a las asignaturas finales vinculadas a patología, rehabilitación y mantenimiento, el análisis evidencia una oferta igualmente dispar. Aunque la mayoría de las universidades las sitúan en cuarto curso y con una carga de 6 ECTS, existen importantes diferencias tanto en su obligatoriedad como en el grado de especialización alcanzado. Destacan casos como Lleida, con 24 ECTS optativos en rehabilitación, frente a universidades como la UCAM con solo asigna 4.5 ECTS. Estas desigualdades formativas ponen de manifiesto la necesidad de repensar su configuración curricular. Además, se ha detectado cierta indefinición en la denominación de las asignaturas, que no siempre refleja con claridad su contenido.

La heterogeneidad curricular observada entre las universidades españolas en el área de Construcción, en aspectos como carga lectiva, organización temática o nivel de especialización, puede afectar de forma significativa a la empleabilidad y al reconocimiento profesional de los egresados. Esta disparidad condiciona la adquisición homogénea de competencias clave, especialmente en ámbitos emergentes como la rehabilitación, la sostenibilidad o la intervención sobre el patrimonio. En un mercado laboral globalizado y competitivo, tales diferencias pueden generar una percepción desigual del perfil profesional, dificultando la movilidad, la integración en equipos multidisciplinares y la acreditación internacional.

Ante este panorama, se hace necesario impulsar una mayor coordinación curricular entre universidades, promoviendo una revisión de los planes de estudio que permita:

- Asegurar una formación básica sólida y homogénea en los primeros cursos.
- Consolidar una enseñanza avanzada especializada, con una carga lectiva proporcional a las demandas del sector, especialmente en intervención sobre el patrimonio construido.
- Clarificar la denominación de las asignaturas para reflejar fielmente sus contenidos reales, para mejorar la transparencia curricular y la orientación académica del estudiantado.
- Integrar de forma coherente contenidos emergentes como la sostenibilidad, la rehabilitación energética y el mantenimiento preventivo, especialmente en el contexto del parque edificado existente, con un enfoque actualizado y profesionalizante.
- Promover una secuenciación progresiva de competencias, evitando solapamientos y dispersión temática, que permita desarrollar una visión global y técnica del ciclo de vida del edificio.

Esta revisión curricular resulta estratégica para reforzar la calidad formativa, mejorar la empleabilidad de los egresados y alinear la enseñanza con los retos actuales y futuros del sector de la construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANECA (2004). *Libro blanco título de grado en Ingeniería de Edificación*. Madrid https://www.aneca.es/documents/20123/63950/libroblanco_jun05_edificacion.pdf

Gutiérrez-Carrillo, M.L. (2023). Concurso de Acceso al Cuerpo de Profesores Titulares de Universidad. Proyecto Docente. Granada, Universidad de Granada

Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (BOE núm. 2966 de 6 de noviembre de 1999). https://www.boe.es/eli/es/l/1999/11/05/38/con

Orden ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico (BOE núm. 312, de 29 de diciembre de 2007). Referencia: BOE-A-2007-22447 https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-22447

Páginas webs institucionales de todas las universidades que imparten el Grado en Edificación, en Arquitectura Técnica, en Ingeniería de Edificación y en Arquitectura Técnica y Edificación

Suárez Vargas, E. (2024). *Concurso de Acceso al Cuerpo de Profesores Titulares de Universidad. Proyecto Docente*. Granada, Universidad de Granada

LA EVALUACIÓN CONTINUA BASADA EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN

CONTINUOUS EVALUATION BASED ON BUILDING PROJECTS

Eloísa González Ponce[(1)], Salvador Aledo Guerao[(2)], Verónica Nadal Jiménez[(3)] , Nuria Rosa Roca[(4)]

[1] Dra. Ingeniera de Edificación, Murcia, España, egonzalez@ucam.edu
[2] Dr. Ingeniero de Edificación, Murcia, España, saledo@ucam.edu
[3] Ingeniera de Edificación, Murcia, España, vnadal@ucam.edu
[4] Dra. Ingeniera de Edificación, Murcia, España, nrosa@ucam.edu

RESUMEN

Las universidades, y en concreto aquellas titulaciones que habilitan para ejercer profesiones técnicas, deben adaptarse a un tipo de enseñanza basada en metodologías dinámicas, prácticas y ajustadas a las necesidades de los estudiantes, de la sociedad y de las empresas. Por lo que se está experimentando con una metodología en la que se pretende que el alumnado adquiera la habilidad y la destreza suficiente para trasladar los conceptos teóricos a un proyecto de edificación concreto y, mediante una tutorización constante por parte del profesorado, se va valorando el progreso del proceso de aprendizaje del alumnado. El objetivo es que el alumnado vaya adquiriendo y demostrando las competencias a lo largo del curso, llegando incluso, a superar la asignatura sin necesidad de realizar las pruebas o exámenes parciales o finales tradicionales.

Esta metodología de aprendizaje y evaluación es más activa para el alumnado, pues promueve el trabajo y participación autónomo del estudiante, mejora la relación e interacción entre el alumnado y docentes, facilitando así una retroalimentación constante y preparando a los estudiantes para los retos profesiones futuros.

Esta experiencia se está implementando en cinco asignaturas del Grado relacionadas con la economía y la organización de las obras de edificación. Todas las sesiones de clase, además de la impartición de la parte teórica por parte del docente, tienen un espacio de tiempo dedicado a tutorizar las diferentes entregas parciales que se van requiriendo del alumnado para que vaya avanzando debidamente y afianzando conocimientos. Con esta metodología se espera obtener un grado de satisfacción alto de los estudiantes y un aumento en su rendimiento académico, así como demostrar esta mejora y motivar para implementar esta metodología en la mayoría de las asignaturas del Grado.

Palabras clave: *evaluación continua, aprendizaje práctico, clases con tutorías*

ABSTRACT

Universities, and specifically those degrees that qualify students to exercise technical professions, must adapt to a type of teaching based on dynamic, practical methodologies that are adjusted to the needs of students, society and companies. Therefore, we are experimenting with a methodology in which the aim is for the student to acquire sufficient ability and skill to transfer the theoretical concepts to a specific building project and, through constant tutoring by the teaching staff, the progress of the student's learning process is being evaluated. The objective is for the student to acquire and demonstrate the competencies throughout the course, even passing the subject without the need to take the traditional tests or partial or final exams.

This learning and evaluation methodology is more active for students, as it promotes autonomous student work and participation, improves the relationship and interaction between students and teachers, thus facilitating constant feedback and preparing students for future career challenges.

This experience is being implemented in five undergraduate courses related to economics and organization of building works. All class sessions, in addition to the teaching of the theoretical part by the teacher, have a

space of time dedicated to tutoring the different partial deliveries that are required of the student so that he/she can advance properly and consolidate knowledge. With this methodology it is expected to obtain a high degree of satisfaction of the students and an increase in their academic performance, as well as to demonstrate this improvement and motivate to implement this methodology in most of the subjects of the Degree.

Keywords: *continuous assessment, hands-on learning, tutored classes*

1. INTRODUCCIÓN

La titulación del Grado de Ingeniería de Edificación integrante de la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM), utiliza la evaluación continua como sistema de calificación valorando el progreso del estudiantado a lo largo del curso, no solo a través de exámenes finales sino mediante la participación en clase, la realización de trabajos y la asistencia a las actividades programadas. Este enfoque busca una evaluación más integral del aprendizaje del estudiante y al ser una titulación que habilita para la profesión del Arquitecto Técnico, se está experimentando con una metodología, que además de ser continua es eminentemente práctica.

El alumnado trabaja durante toda la asignatura en un proyecto de edificación concreto, trasladando los conceptos teóricos al seguimiento y desarrollo de este. El alumnado supera la asignatura sin necesidad de realizar los exámenes parciales o finales tradicionales siendo esto posible gracias a la tutorización del alumnado de manera constante por parte del profesorado.

La EPS de la UCAM lleva impartiendo titulaciones técnicas desde hace más de veinticinco años, adaptándose a los diferentes planes de estudios y utilizando esta metodología para evaluar al alumnado.

2. OBJETIVOS

Demostrar la eficacia de una enseñanza basada en la práctica y con evaluación continua en las titulaciones que habilitan para ejercer profesiones técnicas con los objetivos de conseguir ampliar los conocimientos adquiridos por el alumnado además de mejorar los resultados académicos y la mayor satisfacción del alumnado.

3. ESTADO DEL ARTE

A lo largo de los últimos años se han realizado diversas experiencias para sustituir o disminuir la evaluación tradicional basada en pruebas finales por otra evaluación más práctica y variada y demostrar los beneficios en el estudiantado (García et al., 2020). Además, hay experiencias con la llamada evaluación compartida y negociada o coevaluación donde el estudiante es un agente activo y corresponsable en el proceso (Rodríguez & Ibarra, 2020; López & Pérez. 2021) incluyendo el uso de metodologías activas en la universidad (Gómez, 2020).

4. METODOLOGÍA

Se enumeran las asignaturas en las que se viene implantando esta dinámica y se describe la metodología empleada durante el curso y que han sido analizadas para la elaboración de este estudio, todas ellas de la titulación “Grado en Ingeniería de Edificación”: 2º CURSO: IEE (Introducción a las Estructuras de Edificación), EEI (Estructuras de Edificación I), ECO (Economía Aplicada); 3º CURSO: EEII (Estructuras de Edificación II), EEIII (Estructuras de Edificación III), VyT (Valoraciones y Tasaciones); 4º CURSO: MyP (Mediciones y Presupuestos), ACC (Análisis y Control de Costes durante el Proceso Constructivo), TOPE (Técnicas de Organización y Programación de Edificación).

Se han escogido estas asignaturas por su aplicación práctica en el ámbito laboral, considerando la importancia de esta práctica desde la impartición de estas y trasladando este requisito a su metodología.

Como complemento para contrastar los resultados, también se van a reflejar datos de asignaturas que aplican esta misma filosofía de enseñanza pero que pertenecen a otras titulaciones: GEO5 (Gestión Económica en Obras de Edificación en su edición 5ª) Organizado por el COAATIEMU y ACTIVATIE, ECOa

(Economía y Gestión Inmobiliaria) Grado en Arquitectura, AyGO (Administración y Gestión de Obras) y OyGEC (Organización y Gestión de Empresas Constructoras) estas últimas, ambas del Máster de Caminos, Canales y Puertos.

Se han analizado datos de distintos años, antes y después de la implantación de la metodología práctica, aunque hay asignaturas, como las dedicadas al aprendizaje de las estructuras, donde este tipo de enseñanza está asentada, ya que se lleva impartiendo con este formato desde el curso 2014-2015, es decir, hace10 años.

4.1 Metodología utilizada en la impartición de las asignaturas

Para la convocatoria ordinaria, durante el curso se desarrolla uno o varios trabajos / proyectos, sobre los que se realizan valoraciones periódicas y continuas de los análisis, conocimientos, actitudes, habilidades adquiridas, etc., concretándose en varias evaluaciones calificadas. En las asignaturas de estructuras, se hace según se muestra en la Figura 1, que es mediante dos entregas consistentes en:

- La entrega parcial E1, prevista para el desarrollo del proyecto en el entorno del 30%
- Y una segunda entrega final E2, que supondrá también la recuperación de E1, prevista para el desarrollo pleno del proyecto, es decir, el 90% lo que implica hacerlo “a origen”.

Para ser valorado por evaluación continua, es necesario haber realizado correcciones periódicas que, siguiendo el ejemplo de la Figura 1, son al menos 5 correcciones previas a la entrega final, consideradas como tales al resultar suficientes por su forma, contenido y discusión generados durante la exposición, diferenciándose de consultas, aclaración de dudas, etc.

En su defecto, la evaluación se realiza mediante exposición ante tribunal formado por los profesores de la asignatura. En la convocatoria de recuperación E3, la calificación se lleva a cabo por evaluación continua si durante el curso se ha llevado a cabo así y, en su defecto, mediante exposición ante tribunal formado por los profesores de la asignatura. En el caso de convocatoria especial siempre se evalúa mediante exposición ante tribunal.

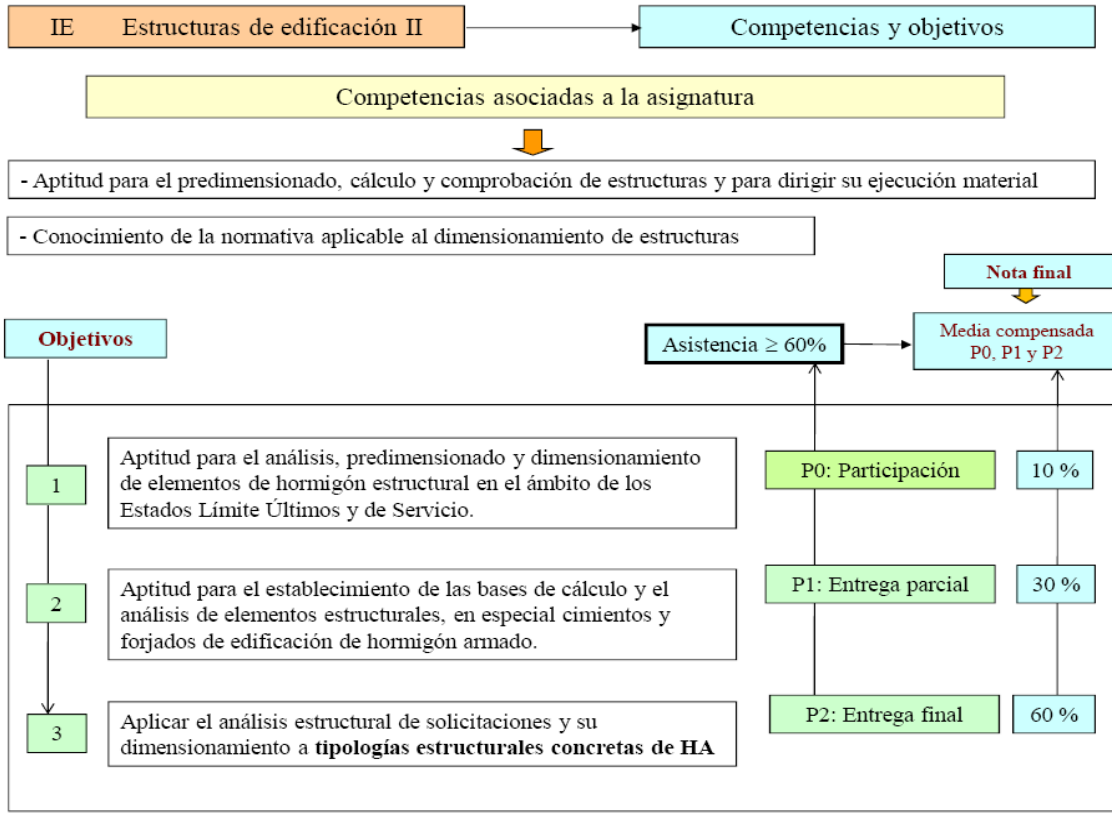
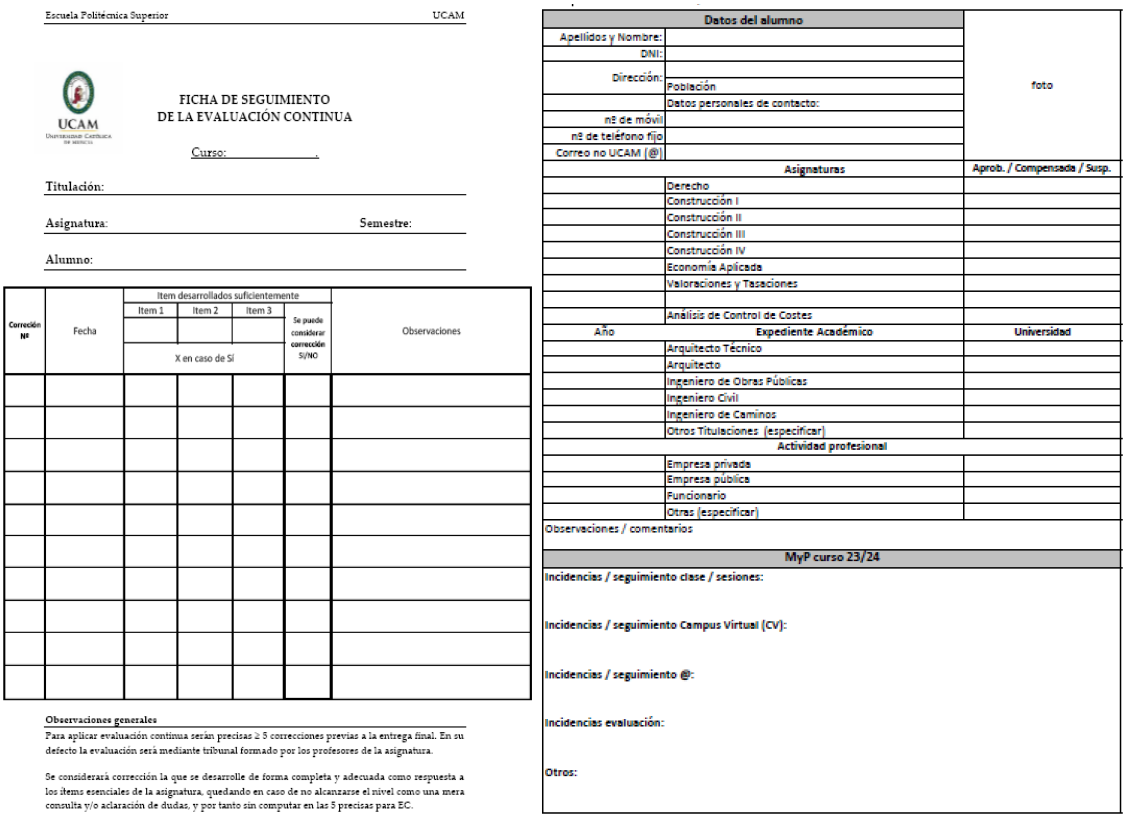


Figura 1. Esquema de metodología de la asignatura Estructuras II de IE de la UCAM (Fuente: Roldán & Ruiz)

4.2 Evaluación de los conocimientos adquiridos

La evaluación de los conocimientos adquiridos por el alumnado se realiza mediante las citadas revisiones del trabajo y las presentaciones de este realizadas en tiempo y forma, siendo la última recuperación de las anteriores. Además, también se tiene en cuenta la asistencia a clase, que sostiene un pequeño porcentaje de la nota final siendo un 10% según refleja en la Figura 1, para el ejemplo de las asignaturas de estructuras.

Los profesores que imparten estructuras y mediciones y presupuestos, para la evaluación del alumnado la realizan utilizando las fichas de seguimiento adjunta, Figura 2.



Escuela Politécnica Superior — UCAM

FICHA DE SEGUIMIENTO
DE LA EVALUACIÓN CONTINUA

Curso: .

Titulación:

Asignatura: Semestre:

Alumno:

Corrección Nº	Fecha	Item desarrollados suficientemente: Item 1	Item 2	Item 3	Se puede considerar corrección S/NO	Observaciones
		X en caso de Sí				

Observaciones generales

Para aplicar evaluación continua serán precisas ≥ 5 correcciones previas a la entrega final. En su defecto la evaluación será mediante tribunal formado por los profesores de la asignatura.

Se considerará corrección la que se desarrolle de forma completa y adecuada como respuesta a los ítems esenciales de la asignatura, quedando en caso de no alcanzarse el nivel como una mera consulta y/o aclaración de dudas, y por tanto sin computar en las 5 precisas para EC.

Datos del alumno		
Apellidos y Nombre:		foto
DNI:		
Dirección:		
	Población	
	Datos personales de contacto:	
nº de móvil		
nº de teléfono fijo		
Correo no UCAM (@)		
	Asignaturas	**Aprob. / Compensada / Susp.**
	Derecho	
	Construcción I	
	Construcción II	
	Construcción III	
	Construcción IV	
	Economía Aplicada	
	Valoraciones y Tasaciones	
	Análisis de Control de Costes	
Año	**Expediente Académico**	**Universidad**
	Arquitecto Técnico	
	Arquitecto	
	Ingeniero de Obras Públicas	
	Ingeniero Civil	
	Ingeniero de Caminos	
	Otros Titulaciones (especificar)	
	Actividad profesional	
	Empresa privada	
	Empresa pública	
	Funcionario	
	Otras (especificar)	
Observaciones / comentarios		
MyP curso 23/24		
Incidencias / seguimiento clase / sesiones:		
Incidencias / seguimiento Campus Virtual (CV):		
Incidencias / seguimiento @:		
Incidencias evaluación:		
Otros:		

Figura 2. Ficha seguimiento para la evaluación continua asignaturas EEI y MyP de la UCAM (Fuente: Roldán & Ruiz; Aledo)

5. RESULTADOS

Para el análisis de los resultados obtenidos se ha valorado la participación y las calificaciones obtenidas del estudiantado, así como su respuesta en las encuestas.

5.1 Participación

La participación del alumnado se hace patente, además de por la asistencia a clase y por las correcciones necesarias para poder presentar los distintos ítems y superar la asignatura, por sus consultas y visitas a los distintos apartados del Campus Virtual de las asignaturas.

Los profesores disponemos de herramientas para extraer analíticas sobre las visitas y la participación de cada uno del alumnado en el Campus Virtual, un ejemplo de ello son las figuras 3 y 4.

Estudiantes (6)	% a tiempo	Última participación	Vista de la última página	Vistas de página	Participaciones
Estudiante 1	43 %	10 jun 2025	24 jun 2025	744	14
Estudiante 2	29 %	17 jun 2025	24 jun 2025	538	5
Estudiante 3	38 %	10 jun 2025	19 jun 2025	497	14
Estudiante 4	29 %	10 jun 2025	24 jun 2025	384	7
Estudiante 5	57 %	10 jun 2025	24 jun 2025	743	10
Estudiante 6	29 %	10 jun 2025	24 jun 2025	975	7

Figura 3. Info de la participación en el Campus Virtual del alumnado de TOPE curso 24-25. (Fuente: UCAM Campus Virtual, 2025)

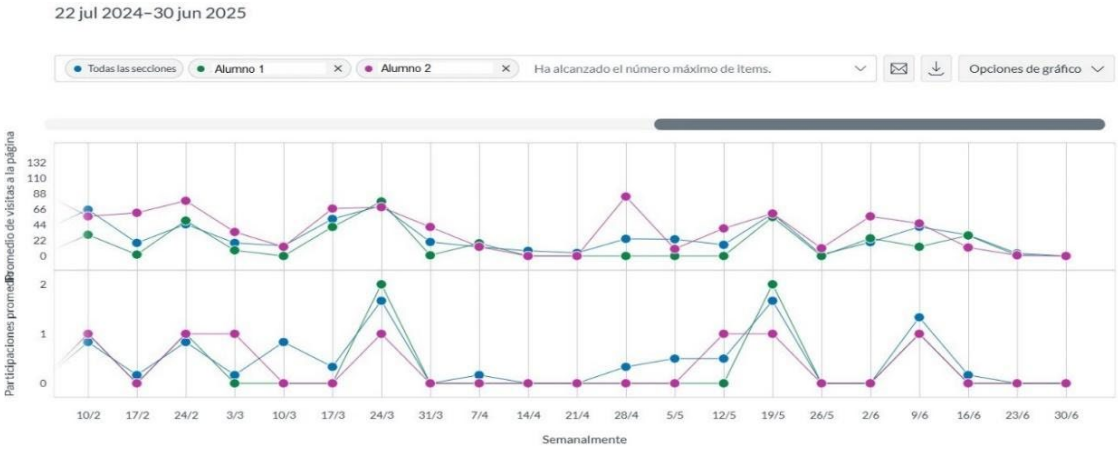


Figura 4. Gráfico de actividad semanal en línea del alumnado de TOPE curso 24-25. (Fuente: Fuente: UCAM Campus Virtual, 2025)

5.2 Resultados en las calificaciones obtenidas

En los siguientes gráficos se reflejan los resultados de las calificaciones de las distintas asignaturas en las que se lleva aplicando la evaluación continua con metodología práctica desde hace dos cursos, es decir, en los cursos 23-24 y 24-25 y es por ello por lo que se aporta el curso 22-23 pues anteriormente se realizaba la evaluación con la fórmula clásica de dos pruebas parciales basadas en teoría y prácticas además de la entrega del trabajo y con ello visualizar la comparativa entre las dos metodologías.

Es evidente cómo se pasa de un porcentaje elevado de suspensos con la evaluación mediante pruebas parciales tradicionales a una mejoría en las calificaciones por realizar la evaluación continua utilizando la metodología práctica por lo que se muestra a continuación los resultados de una de las asignaturas afectadas: TOPE (Figura 5).

En esta asignatura el trabajo se realiza de forma individual por el alumnado y consiste en realizar el seguimiento de una obra durante el cuatrimestre de impartición de la asignatura.

Dicho trabajo se divide en dos partes importantes: la primera es la organización de obra realmente ejecutada y la segunda es la propuesta de organización por parte del alumnado, con propuestas de mejora.

Para su desarrollo, se les aconseja que visiten la obra todas las semanas, al menos una vez; que anoten las partidas de obra que se han ejecutado y su volumen o superficie, así como los recursos que se emplean para la ejecución de dichas partidas (humanos y mecánicos: oficiales, peones, grúas, andamios, etc.)

Existen cuatro entregas, la primera es solamente exponer la obra elegida. La segunda, exponer la organización de la obra realmente ejecutada, donde ya se debe de incorporar una tabla completa de 15 a 20 actividades y la realización de su gráfico Gantt. En la tercera entrega, esa primera tabla debe ampliarse hasta las 30 o 32 actividades y elaborar el gráfico CPM. La cuarta ya es la entrega de las propuestas de mejora, por parte del alumnado, elaborando una organización completa de 30 a 32 actividades, con tabla de actividades y recursos y ambos gráficos, Gantt y CPM.

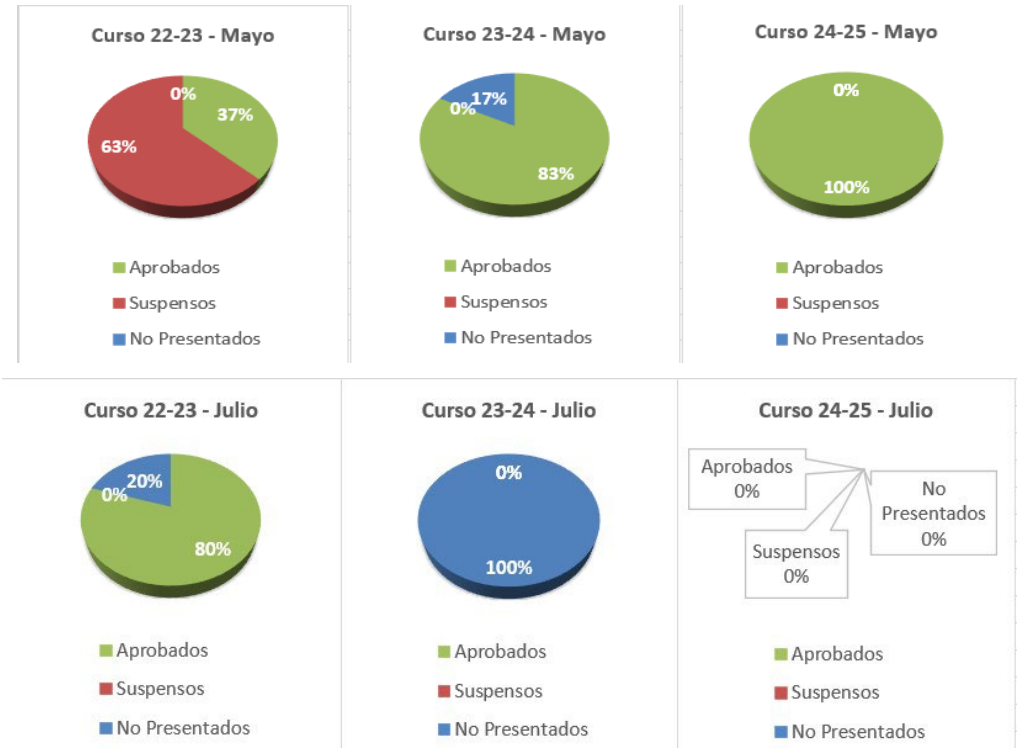


Figura 5. Resumen de calificaciones obtenidas en TOPE. Metodología práctica en los cursos 22-23 comparadas con el 23-24 y 24-25.

Al comienzo de las clases siempre se realizan tutorías donde se atienden dudas del alumnado relativas a ejercicios y también al seguimiento del trabajo. Otra herramienta que se utiliza es una tarea en el Campus Virtual que siempre está abierta para que el alumnado pueda subir el trabajo para que se le corrija. Por último, las tutorías personalizadas también sirven para aclarar dudas y dar apoyo en la elaboración de dicho trabajo.

El resultado es un alumnado implicado y con ganas de aprender porque experimenta el crecimiento de sus conocimientos semana a semana, tanto dentro de la clase como en esas visitas a obra que realiza y sobre las que reflexiona para exponer la información en el trabajo.

Esto es lo que reflejan los gráficos aportados (Figura 5), donde se aprecia que se pasa de un número elevado de suspensos (63%) con la metodología de evaluación teórica a la totalidad de los aprobados en mayo con la metodología de evaluación continua práctica, sin pruebas parciales dentro de la convocatoria ordinaria. Para la extraordinaria, es posible aprobar siempre y cuando se haya realizado el seguimiento de la obra, de lo contrario al alumnado le cuesta mucho más aprobar ya que no ha adquirido la experiencia que le dan los conocimientos para hacerlo.

Las figuras 6,7,8 y 9 aportan los resultados de otras 4 asignaturas.

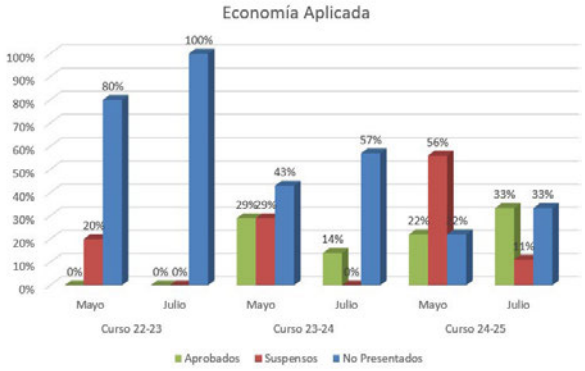


Figura 6. Resumen de calificaciones obtenidas en ECO. Metodología práctica en los cursos 22-23 comparadas con el 23-24 y 24-25.

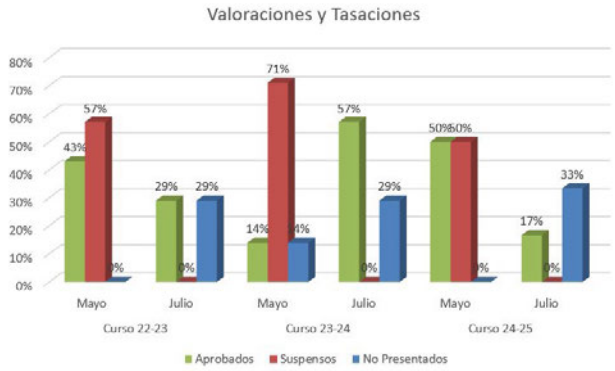


Figura 7. Resumen de calificaciones obtenidas en VyT. Metodología práctica en los cursos 22-23 comparadas con el 23-24 y 24-25.

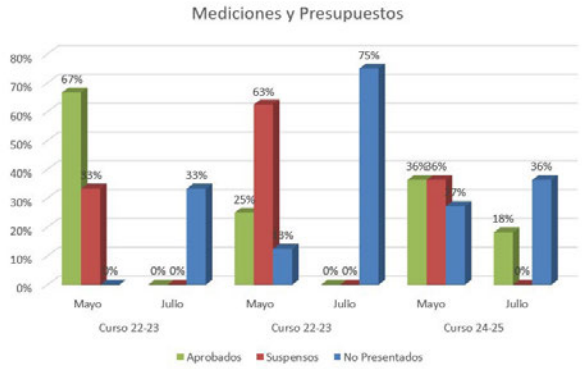


Figura 8. Resumen de calificaciones obtenidas en MyP. Metodología práctica en los cursos 22-23 comparadas con el 23-24 y 24-25.

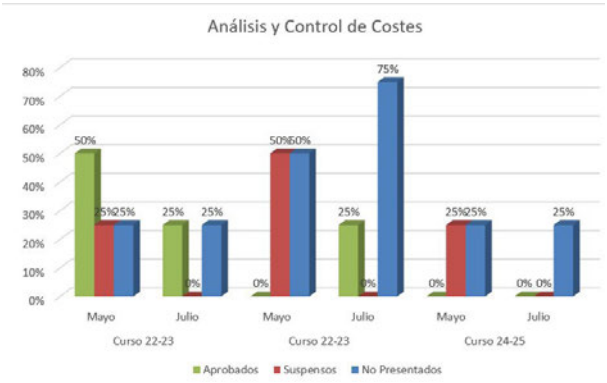


Figura 9. Resumen de calificaciones obtenidas en la ACC. Metodología práctica en los cursos 22-23 comparadas con el 23-24 y 24-25.

En los siguientes gráficos de las figuras 10, 11, 12 y 13 se van a ver reflejados los resultados de las calificaciones de las distintas asignaturas en las que se lleva aplicando la evaluación continua con metodología práctica desde hace más de diez cursos.

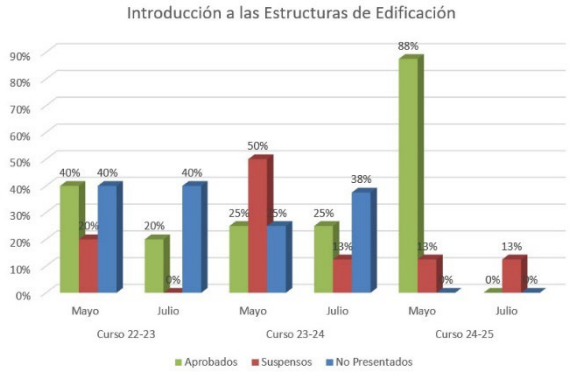


Figura 10. Resumen de las calificaciones obtenidas en la asignatura de IEE. Metodología práctica.

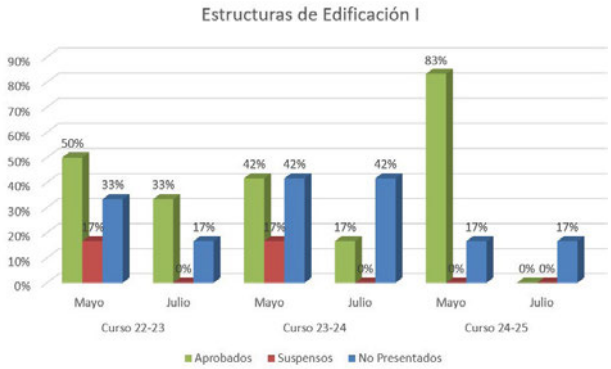


Figura 11. Resumen de las calificaciones obtenidas en la asignatura de EEI. Metodología práctica.

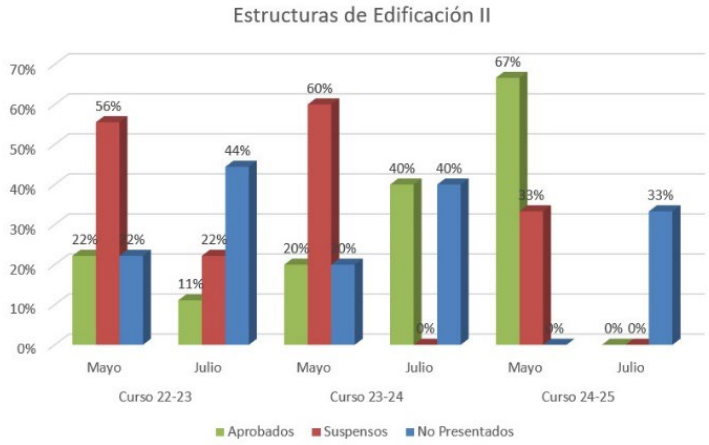


Figura 12. Resumen de las calificaciones obtenidas en la asignatura de EEII. Metodología práctica.

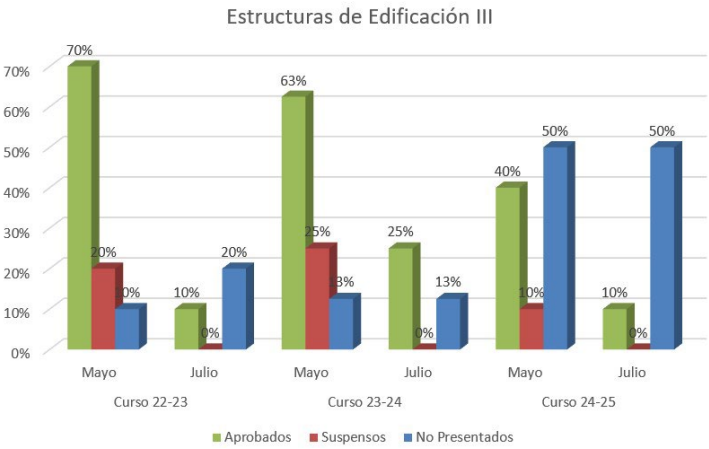


Figura 13. Resumen de las calificaciones obtenidas en la asignatura de EEIII. Metodología práctica.

Con esta metodología se incrementan los no presentados sobre los suspensos, resultado éste que es totalmente lógico, ya que el alumnado que se descuelga de la asignatura ve complicado retomarla y conseguir el ritmo del resto de sus compañeros de clase. Esto es así porque sin más remedio tiene que empezar por donde lo dejó y adquirir los conocimientos que le faltan, respecto al resto, con gran rapidez.

Dichos resultados están refrendados, ver las gráficas de las figuras 14, 15 y 16 que se aportan a continuación, por la impartición de otras asignaturas que se corresponden con otras titulaciones utilizando la misma metodología para evaluar.

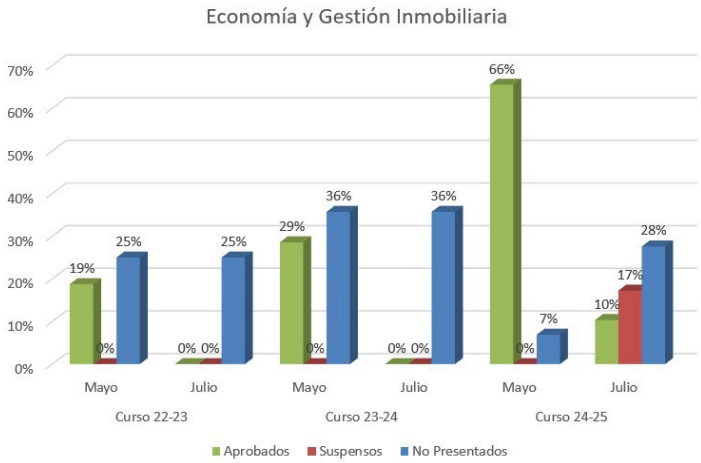


Figura 14. Resumen de las calificaciones obtenidas en la asignatura de ECOa. Metodología práctica.

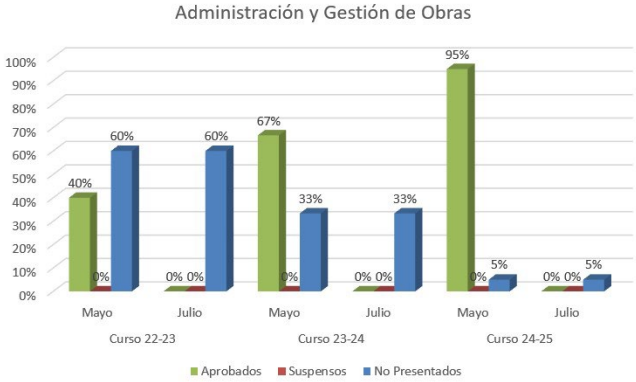


Figura 15. Resumen de las calificaciones obtenidas en la asignatura de AyGO. Metodología práctica.

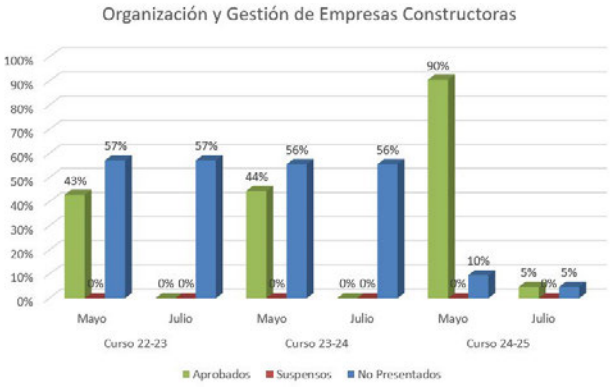


Figura 16. Resumen de las calificaciones obtenidas en la asignatura de OyGEC. Metodología práctica.

5.3 Resultados

Los resultados dejan patente que el índice de aprobados es muy superior cuando se aplica la evaluación continua práctica en lugar de la evaluación continua tradicional, tal y como se muestra en la Figura 17, donde se aprecia pasar de un 38% de aprobados a un 100% en la convocatoria ordinaria de mayo.

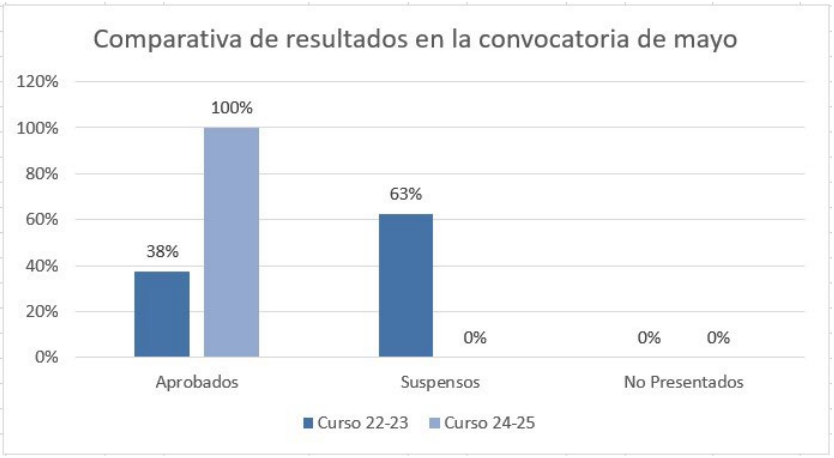


Figura 17. Comparativo de las calificaciones obtenidas en mayo en la asignatura de TOPE. Metodología convencional / práctica.

En la Figura 18 queda reflejado igualmente la mejoría de las calificaciones también en la convocatoria de julio.

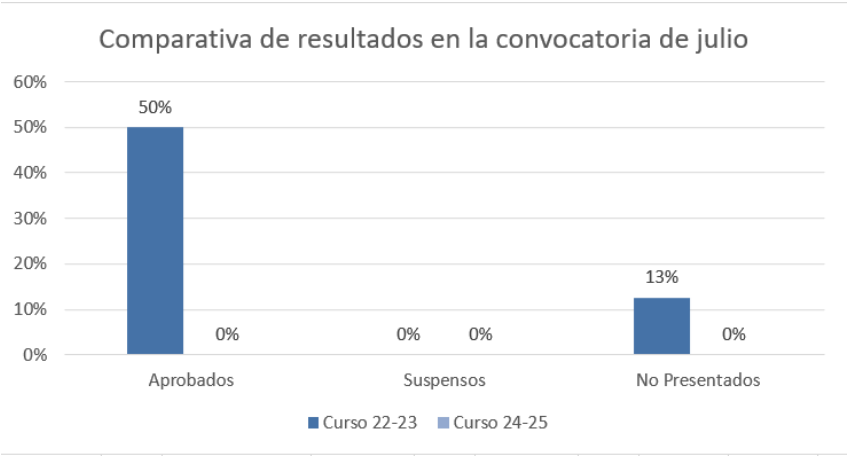


Figura 18. Comparativo de las calificaciones obtenidas en julio en la asignatura de TOPE. Metodología convencional / práctica.

Del análisis de los resultados que arrojan las asignaturas de otras titulaciones, se desprende que los mismos corroboran los obtenidos en Ingeniería de Edificación y que, por lo tanto, la metodología implantada es adecuada con los objetivos planteados independientemente de la titulación que se trate.

5.4 Evaluación por parte del alumnado

El alumnado expone el resultado de su experiencia con la evaluación continua práctica de muchas formas, en encuestas anónimas, en comentarios directos al profesorado y en las conclusiones de sus trabajos de curso, como es el caso de la siguiente cita, extraída del trabajo de un alumno de TOPE del curso actual:

"A través de la observación directa de los trabajos y el análisis de los procesos constructivos, he comprendido la importancia crítica de una correcta programación temporal y la asignación adecuada de recursos para garantizar el cumplimiento de los plazos y la calidad de ejecución. (…).

Desde el punto de vista de la ingeniería de edificación, considero que esta experiencia ha sido fundamental para reforzar competencias esenciales como la toma de decisiones estratégicas, la capacidad de análisis de alternativas de programación y la importancia del control exhaustivo de los procesos de obra. En definitiva, este ejercicio confirma que una buena planificación no solo es una herramienta de previsión, sino también un instrumento clave para el éxito real de cualquier proyecto constructivo." (Pertegaz, 2025)

6. CONCLUSIONES

Este tipo de enseñanza resulta fácil, enriquecedora y estimulante para el alumnado que participa activamente en la asignatura durante todo el cuatrimestre, además de implicarse en el proyecto y su evolución.

En cambio, para el alumnado que no asiste a las clases y no se involucra en el proyecto, le resulta prácticamente imposible aprobar, incluso en las convocatorias extraordinarias, mediante la metodología de evaluación continua práctica que se propone, teniendo que recurrir a la metodología tradicional, es decir, a las pruebas parciales.

Para el profesorado implica involucrarse mucho más durante el transcurso de la asignatura, generando una dedicación mayor y por lo tanto un esfuerzo complementario que se ve compensado con la mejora en la formación del alumnado, si bien es cierto, que la corrección final del trabajo es más liviana a la de la evaluación tradicional, ya que en su gestación se han hecho diversas evaluaciones del mismo.

Con la metodología de evaluación continua práctica se incrementan los no presentados sobre los suspensos: se debe a que esta metodología provoca que el alumnado que se descuelga de la asignatura y decide acometerla fuera de los plazos establecidos, le genera muchas dificultades adquirir los conocimientos y su aplicación práctica, sin estar inmerso el desarrollo de la asignatura.

Objetivamente, el índice de aprobados es muy superior cuando se aplica la evaluación continua práctica en lugar de la evaluación tradicional, tal y como muestran los resultados recogidos en los gráficos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aledo Guerao, S. (2024). Mediciones y Presupuestos. Ingeniería de Edificación. Universidad Católica de Murcia UCAM

García Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella García, V., & Grande, M. (2020). La evaluación online en la educación superior en tiempos de la COVID-19. *Education in the Knowledge Society* (EKS), 21, 26. https://doi.org/10.14201/eks.23086

Gómez Galán, J. (2020). Educational Innovation and Digital Transformation in Higher Education: The Case of Active Methodologies. *Education Sciences*, 10(12), 364. https://doi.org/10.3390/educsci14080820

López Pastor, V. M., & Pérez Pueyo, Á. (2021). Evaluación formativa y compartida en educación superior: experiencias y propuestas. *Octaedro*.

Pertegaz Martínez, O. (2025). Trabajo de curso de la asignatura Técnicas de Organización y Programación de Edificación (TOPE). Universidad Católica de Murcia UCAM

Rodríguez Gómez, G., & Ibarra Sáiz, M. S. (2020). La evaluación como aprendizaje en la universidad: una propuesta para el desarrollo de competencias. *Revista de Educación*, 388, 13-38.

Roldán Ruiz, J. & Ruiz Sánchez, R. (2024). Estructuras II. Ingeniería de Edificación. Universidad Católica de Murcia UCAM

Universidad Católica de Murcia UCAM (2025). Campus Virtual. https://www.ucam.edu/

EXPERIENCIA EN ENSEÑANZA Y EVALUACIÓN ONLINE EN POSTGRADO DE ESPECIALIZACIÓN TÉCNICA

EXPERIENCE IN ONLINE TEACHING AND ASSESSMENT AT POSTGRADUATE TECHNICAL SPECIALISATION LEVEL

Nuria Rosa Roca[(1)], Verónica Nadal Jiménez[(2)], Salvador Aledo Guerao[(3)], Eloísa González Ponce[(4)]

[1] Universidad Católica de Murcia, Murcia, España, nrosa@ucam.edu
[2] Universidad Católica de Murcia, Murcia, España, VNadal@ucam.edu
[3] Universidad Católica de Murcia, Murcia, España, saledo@ucam.edu
[4] Universidad Católica de Murcia, Murcia, España, egonzalez@ucam.edu

RESUMEN

En el curso 2024-2025 se pone en marcha el Máster Universitario de Patología, Intervención y sostenibilidad en la Edificación, en modalidad online y aprobado por ANECA, como postgrado de especialización para las titulaciones relacionadas con la edificación, como es la Arquitectura Técnica. Hasta entonces, el Máster era impartido en modalidad presencial, pero por la alta demanda de alumnos potenciales para que fuera virtual y poder compatibilizar la vida laboral de los mismos, se decide cambiar la modalidad de enseñanza de la titulación.

Se elige un modelo puramente online, donde la enseñanza es totalmente virtual, y las evaluaciones también son virtuales. Gracias al programa de evaluación online proctoring SMOWL TECH, que ofrece una supervisión sencilla y segura de exámenes online, con alta calidad y cumpliendo los protocolos de privacidad y el Reglamento General de Protección de Datos. El software de proctoring SMOWL TECH permite realizar un examen restrictivo con bloqueo del dispositivo, doble cámara para supervisión humana, sin necesidad de instalar aplicaciones, bajo consumo de internet al capturar imágenes en vez de video, solución integrada 100% en la plataforma educativa y personalizable a cualquier tipo de evaluación. Además, este sistema se ha podido instalar dentro del campus virtual de la universidad CANVAS, por lo que no ha necesitado ningún tipo de adaptación.

Después de un curso impartido del Máster online, donde no solo las clases, sino también los exámenes han sido virtuales, estamos en disposición de analizar los resultados obtenidos y plantear las ventajas y desventajas de un título online, respecto a otro presencial. Este Máster sirve como prueba piloto para verificar la viabilidad de que en un futuro se puedan impartir de forma online, las titulaciones técnicas, como el Grado en Ingeniería de Edificación, para de esta forma poder ampliar más la oferta de las universidades.

Palabras clave: *postgrado online, máster online, enseñanza virtual, evaluación virtual*

ABSTRACT

In the 2024-2025 academic year, the University Master's Degree in Pathology, Intervention and Sustainability in Building, in online mode and approved by ANECA, was launched as a postgraduate specialisation for qualifications related to building, such as Technical Architecture. Until then, the Master's Degree was taught in classroom mode, but due to the high demand from potential students to make it virtual and to be able to make their working lives compatible, it was decided to change the teaching mode of the degree.

A purely online model is chosen, where teaching is entirely virtual, and assessments are also virtual. Thanks to the SMOWL TECH online proctoring software, which offers a simple and secure online examination supervision, with high quality and in compliance with privacy protocols and the General Data Protection Regulation. SMOWL TECH proctoring software allows a restrictive exam with device locking, dual camera for

human supervision, no need to install applications, low internet consumption by capturing images instead of video, 100% integrated solution in the educational platform and customisable to any type of assessment. Furthermore, this system could be installed within the CANVAS university's virtual campus, so it did not require any type of adaptation.

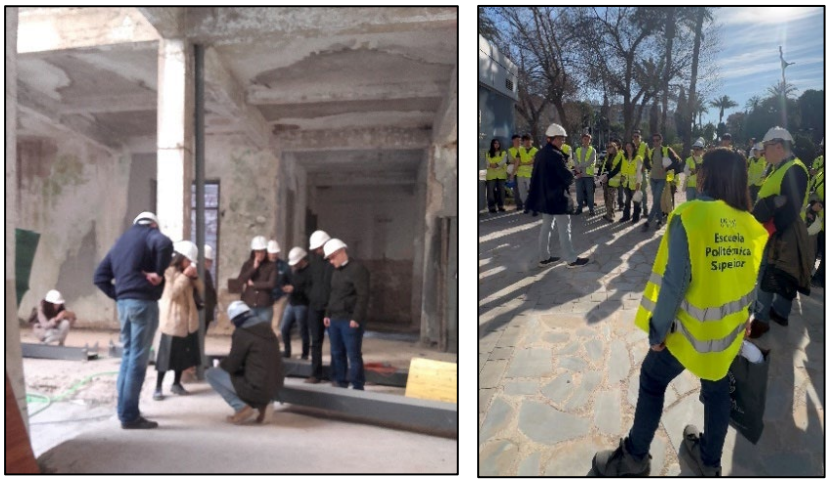
After a course taught online, where not only the classes, but also the exams have been virtual, we are in a position to analyse the results obtained and consider the advantages and disadvantages of an online degree, compared to a face-to-face one. This Master's Degree serves as a pilot test to verify the feasibility of teaching technical degrees online in the future, such as the Degree in Building Engineering, in order to be able to expand the range of courses offered by universities.

Keywords: online postgraduate, online master's, online teaching, online assessment

1. INTRODUCCIÓN

En el curso 2012-2013 se pone en marcha el Máster Universitario en Patología e Intervención en la Edificación en modalidad presencial (figura 1 y 2). Durante los 8 años posteriores el Máster sigue activo sin ningún problema con la demanda hasta que llega el COVID´19. A partir de este año los alumnos potenciales empiezan a acostumbrarse a la modalidad virtual, "*ya que se integra en España dentro de los estudios de ingeniería. Esta rama tradicionalmente se ha identificado como una de las más difíciles de trasladar de una modalidad presencial a una on-line debido a la necesidad de laboratorios"* (Abreu, Dª.,2024).

Esta nueva modalidad "*de enseñanza no presencial cada vez está más extendida en la formación universitaria incluyendo a las universidades tradicionalmente orientadas a la enseñanza presencial, con independencia de si estas son públicas o privadas*" (García-Peñalvo, F.J., 2020), ya que les permite desarrollar sus trabajos al mismo tiempo que se forman y especializan. A todo este panorama, se la suma el aumento en la oferta de puestos de trabajo relacionados con la construcción y a la poca cantidad de técnicos dispuestos a asumirlos. Desde la Escuela Politécnica de la Universidad Católica de Murcia, se empiezan a buscar soluciones para aumentar el número de alumnos interesados en matricularse en el Máster de especialización. Se decide solicitar a la Agencia Nacional de Evaluación y Calidad de la enseñanza ANECA el cambio de modalidad a Máster 100% online. En 2024 la ANECA aprueba el Máster y empieza a impartirse en el curso 2024-2025 pero con el cambio de nombre añadiendo la parte de Sostenibilidad tan demandada, siendo el Máster Universitario en Patología, Intervención y Sostenibilidad en la Edificación el que se empieza a ofertar en el curso actual.



Figuras 1 y 2. Visitas de obras de rehabilitación en el Máster Universitario en Patología e Intervención en la Edificación en modalidad presencial.

El modelo elegido es puramente online, donde la enseñanza es totalmente virtual, y las evaluaciones también son online. "*En la enseñanza virtual los recursos tecnológicos tienen una función fundamental en este sistema enseñanza-aprendizaje, y han sufrido una evolución vertiginosa en los últimos años*" (González, C., et al., 2014) y por ello la Universidad adquiere el programa utilizado para la evaluación online es el proctoring SMOWL TECH. Este programa ofrece una supervisión sencilla y segura de exámenes online, con alta calidad y cumpliendo los protocolos de privacidad y el Reglamento General de Protección de Datos. El

software de proctoring SMOWL TECH permite realizar un examen restrictivo con bloqueo del dispositivo, doble cámara para supervisión humana, sin necesidad de instalar aplicaciones, bajo consumo de internet al capturar imágenes en vez de video, solución integrada 100% en la plataforma educativa y personalizable a cualquier tipo de evaluación. Este sistema ha sido fácilmente instalado dentro del campus virtual de la universidad CANVAS (figura 3).



Figura 3. CANVAS de una asignatura del Máster de Patología online con el PROCTORING SMOWL TECH instalado.

2. OBJETIVOS

Los objetivos que se persiguen son los siguientes:

- Analizar los resultados obtenidos en el último curso presencial y el primero de enseñanza online.
- Plantear las ventajas y desventajas de un título online, respecto a otro presencial.

3. METODOLOGÍA

Se tomarán los datos obtenidos tanto de asistencia, participación, así como los resultados de la evaluación del último curso 2019-2020 de modalidad presencial, y el primer curso 2024-2025 de modalidad online para comparar los resultados entre ambas modalidades.

Una vez obtenidos los resultados se analizarán y se elaborarán gráficas para obtener conclusiones que nos ayuden a mejorar en cursos venideros.

El Máster Universitario de Patología e Intervención en la Edificación en modalidad presencial, es un Máster de duración anual y tiene las siguientes asignaturas:

- En el primer semestre: Inspección Técnica de edificios, Ensayos y Técnicas informativas, Legislación y normativa en la intervención, Patología asociada a la albañilería, Patología de cimentaciones y Patología de estructuras de hormigón armado.
- En el segundo semestre: Patología de acero, fábrica y madera, Patología de instalaciones, Informes de patología, Mantenimiento, uso y rehabilitación de edificaciones y Trabajo Fin de Máster.

Además, este Máster presencial constaba de un campus virtual donde estaban colgados todos los temarios impartidos en la asignatura (figura 4).

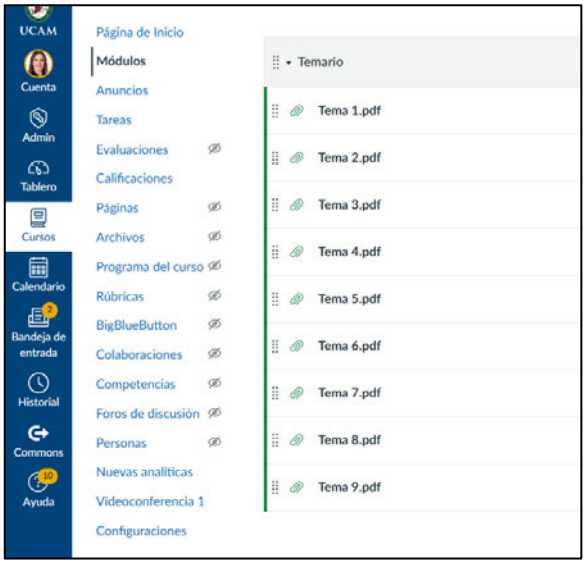


Figura 4. Temario guardado en el Campus Virtual CANVAS de una asignatura del Máster de Patología presencial.

El Máster en modalidad online Universitario de Patología, Intervención y Sostenibilidad en la Edificación, es un Máster también de duración anual y tiene las siguientes asignaturas:

- En el primer semestre: Patología de cimentaciones, Patología de estructuras de hormigón armado, Patología de acero, fábrica y madera, Patología asociada a la albañilería, Patología de instalaciones y Ensayos y Técnicas informativas de Información.
- En el segundo semestre: Inspección Técnica de edificios, Legislación y normativa en la intervención, Mantenimiento, uso y rehabilitación de edificaciones, Mejoras de Eficiencia Energética e Instalaciones en Edificación, Rehabilitación de Edificaciones, Prácticas Externas, y Trabajo Fin de Máster.

En el Máster puramente virtual, en el campus virtual además de aparecer los temarios de cada asignatura, se quedan grabadas las videoconferencias de los temas (figura 5) para que los alumnos las visualicen cuando quieran y las veces que quieran.

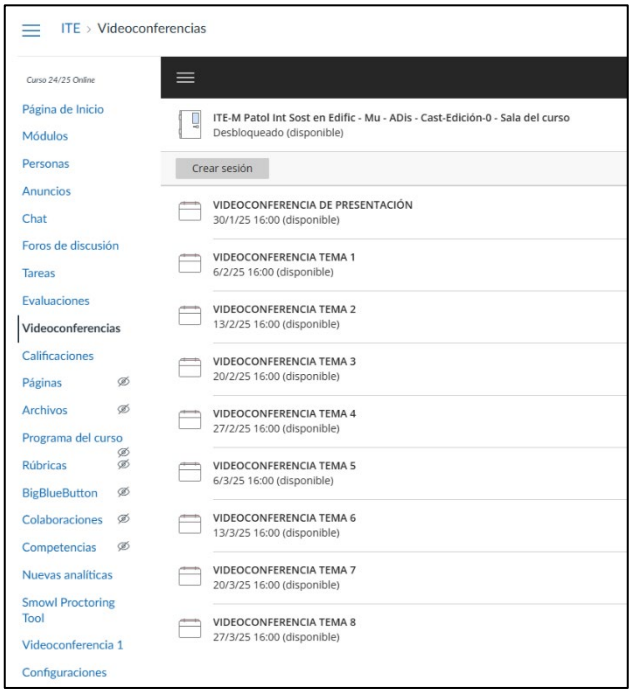


Figura 5. Videoconferencias grabadas en el Campus virtual CANVAS de una asignatura del Máster de Patología online.

4. RESULTADOS

Se hace la comparativa de los dos cursos del Máster, del curso 19-20 último curso lectivo en presencial y del curso actual 24-25 primer curso lectivo de la modalidad online.

Número de alumnos inscritos, en los cursos comparados en las dos modalidades.

Máster presencial: 9 alumnos.

Máster online: 8 alumnos.

- Resultados Máster presencial curso 19-20 en las Convocatorias Ordinarias de febrero y junio

Como podemos ver en el gráfico de la figura 6, donde se observan las calificaciones de los alumnos por asignaturas, hay asignaturas que arrojan mayor número de aprobados como Ensayos y Técnicas de obtención de la Información y otras como Informes de Patología (prácticas de externas empresa) tienen solo dos presentados en la convocatoria ordinaria.

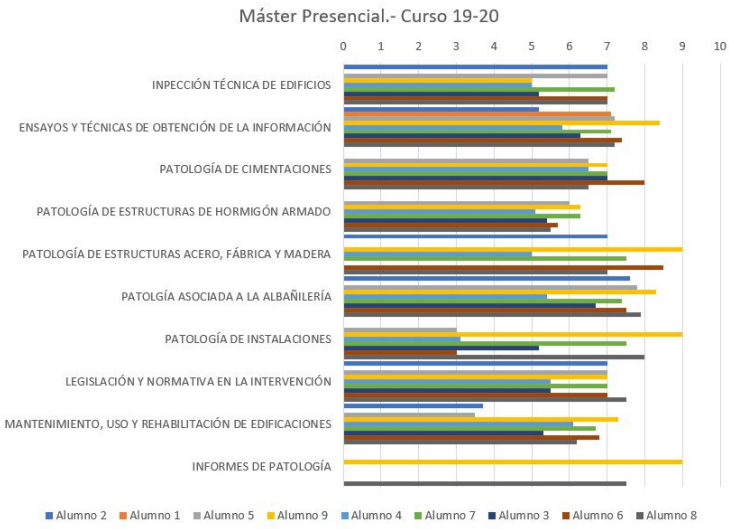


Figura 6. Gráfico resumen de las calificaciones de los alumnos del Máster presencial 19-20 por asignaturas

En el gráfico de la figura 7, aparecen las calificaciones medias de los alumnos por asignaturas en el curso presencial 19-20, donde la asignatura Ensayos y Técnicas de obtención de la información es la que mayor nota media tiene contando a todos los alumnos, con un 6,86 e Informes de Patología (prácticas de externas empresa) la que menos, con un 1,83.

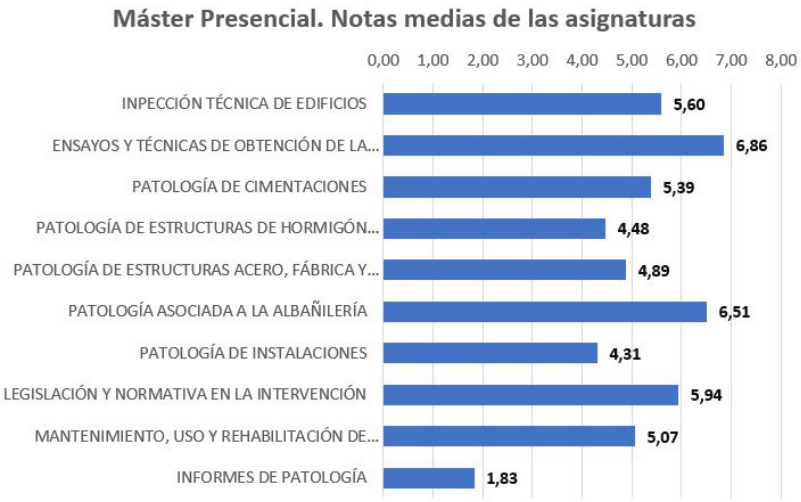


Figura 7. Gráfico resumen de las calificaciones medias de los alumnos del Máster presencial 19-20 por asignaturas

En el gráfico (figura 8), aparecen las calificaciones medias de los alumnos por alumno individual, el alumno que mayor nota media tiene es el alumno 4, con un 7,71 de nota media y el que peor el alumno 2 con un 0,65 de nota media.

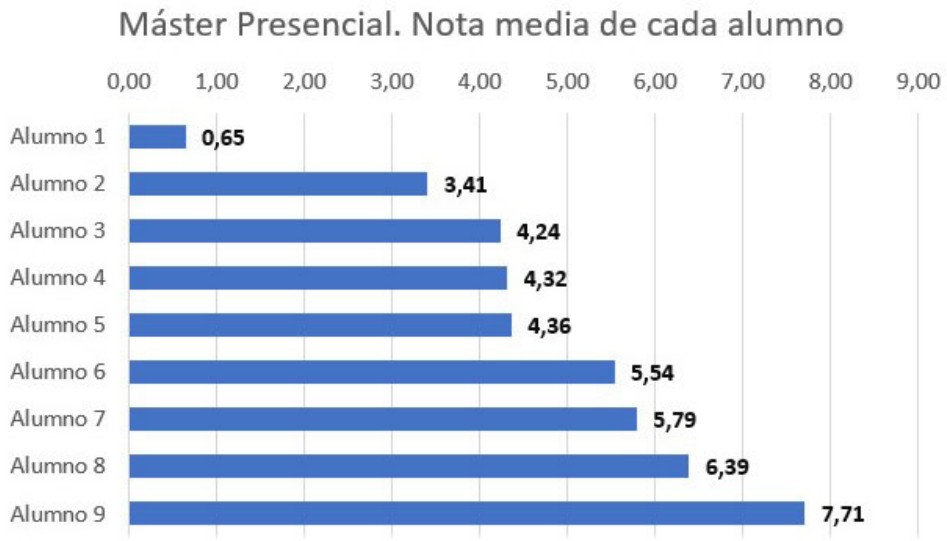


Figura 8. Gráfico resumen de las calificaciones medias de los alumnos del Máster presencial 19-20 por alumno individual

- Resultados Máster online curso 24-25 en las Convocatorias Ordinarias de febrero y junio

Como se puede observar en el gráfico siguiente (figura 9), donde aparecen las calificaciones de los alumnos por asignaturas, hay asignaturas que arrojan mayor número de aprobados como Ensayos y Técnicas de Obtención de la Información y otras como Prácticas externas tienen solo dos presentados en la convocatoria ordinaria.

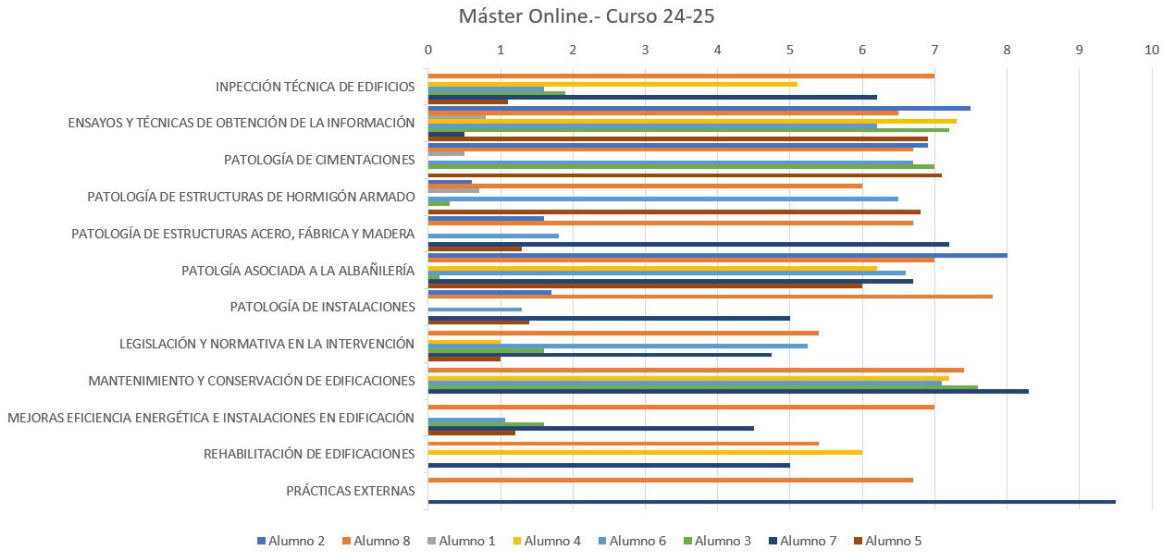


Figura 9. Gráfico resumen de las calificaciones de los alumnos del Máster online 24-25 por asignaturas

En el gráfico (figura 10), aparecen las calificaciones medias de los alumnos por asignaturas en el curso online 24-25, donde la asignatura Ensayos y Técnicas de obtención de la información es la que mayor nota media tiene, un 5,36 contando a todos los alumnos e Informes de Patología (prácticas de externas empresa) la que menos con un 2,03.



Figura 10. Gráfico resumen de las calificaciones medias de los alumnos del Máster online 24-25 por asignaturas

En el gráfico siguiente (figura 11), aparecen las calificaciones medias de los alumnos por alumno individual, el alumno que mayor nota media tiene es el alumno 2, con un 6,12 de nota media y el que peor el alumno 3 con un 0,15 de nota media.



Figura 11. Gráfico resumen de las calificaciones medias de los alumnos del Máster online 24-25 por alumno individual

- Resultados comparativa entre el Máster presencial 19-20 y el Máster online curso 24-25

Si comparamos las notas medias por asignaturas de las dos modalidades de Máster, obtenemos que el Máster Presencial arroja mayores calificaciones en todas las asignaturas, como podemos ver en siguiente gráfico (figura 12).

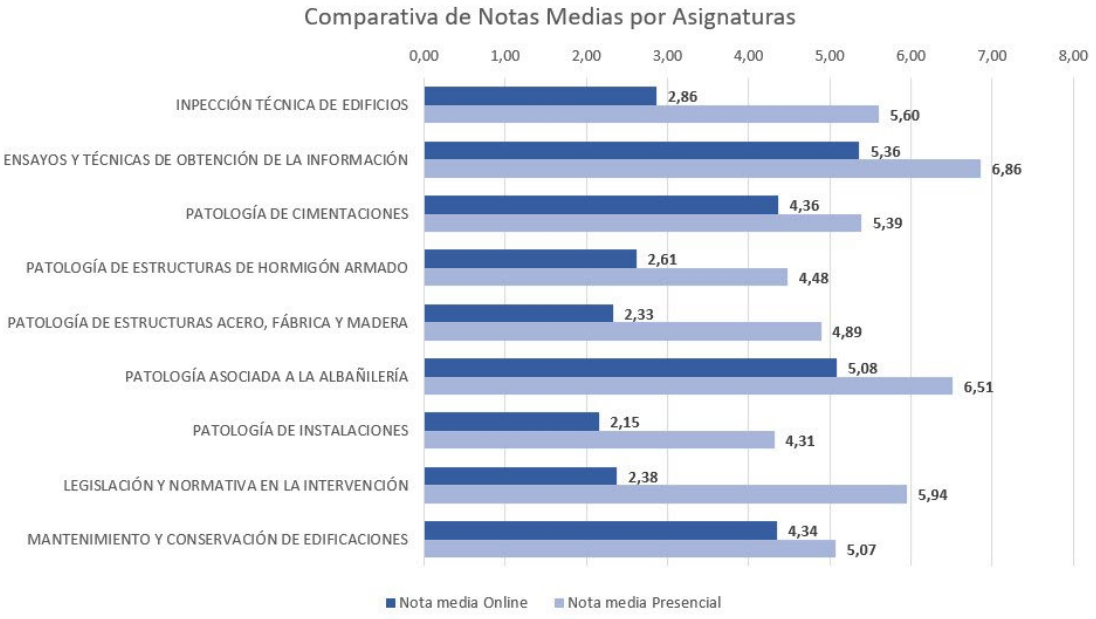


Figura 12. Gráfico resumen de comparativa de calificaciones medias de los alumnos por asignaturas

Si comparamos las notas medias de los alumnos por alumno individual de las dos modalidades de Máster, obtenemos que en el Máster Presencial está el alumno con mayor calificación con un 7,71 y el Máster online el alumno con la peor calificación con un 0,15, como podemos ver en el gráfico de la figura 13.

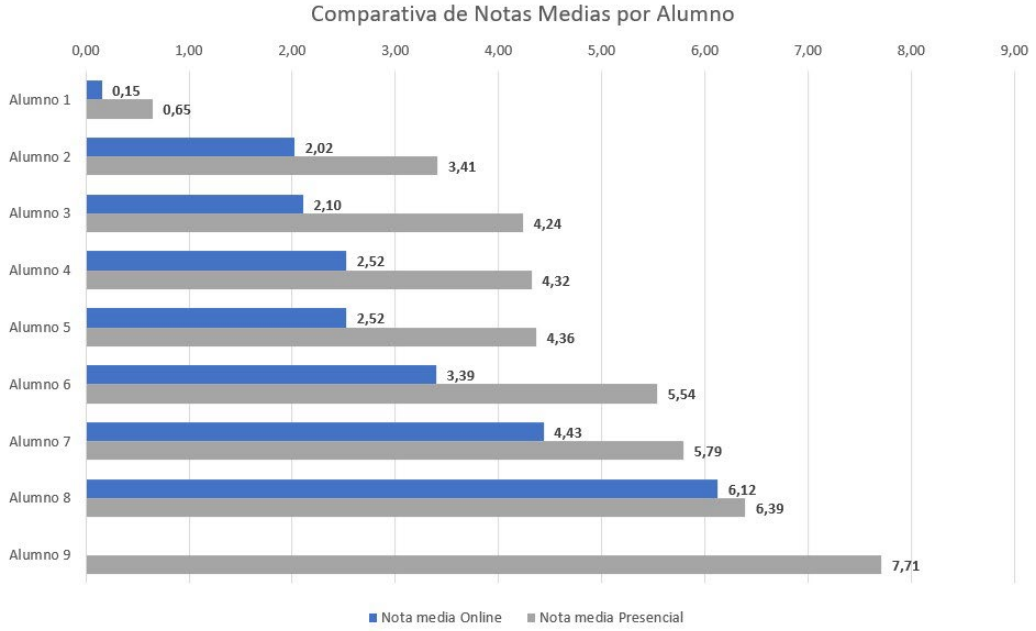


Figura 13. Gráfico resumen de comparativa de calificaciones medias de los alumnos por alumno individual

5. CONCLUSIONES

El Máster online tiene la ventaja de que los alumnos pueden trabajar al mismo tiempo, ya que las videoconferencias son grabadas y pueden visualizarlas cuando quieran y las veces que quieran, facilitando de esta forma tanto la inserción laboral como la conciliación familiar. En cambio, el Máster online tiene la desventaja de las relaciones interpersonales, ya que al ser todo virtual no se establecen conexiones entre los alumnos.

En cuanto a la participación y la asistencia a clase, en el Máster de Patología presencial la asistencia y participación era mayor, al venir los alumnos a clase y participar, en cambio en la modalidad online los alumnos no asistían en streaming si no que, luego veían las clases guardadas y participaban en los foros propuestos por los profesores.

Los resultados, en cuanto a la asignatura con mayor nota media y a la asignatura con menor calificación, coinciden en la misma asignatura en las 2 modalidades del máster presencial y online.

Respecto a las calificaciones obtenidas, la nota media del estudiante con mayor nota y del estudiante con menor nota es menor en la modalidad online, así como ocurre igual en las calificaciones medias, que en general, han bajado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu-Rodríguez, D. (2024). Enseñanza on-line de la ingeniería: el experimento COVID-19. *Jornadas de Automática*, (45)., Universidad da Coruña. A Coruña. https://doi.org/10.17979/ja-cea.2024.45.10890

González, C., Rosales, V.F., Morales, F. Análisis comparativo de la utilización de las plataformas de enseñanza a distancia de la UNED en las asignaturas de Construcciones Industriales. *CUIEET 2014. XXII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*, ETS Ingenieros Industriales. https://www.researchgate.net/publication/281269073_Analisis_comparativo_de_la_utilizacion_de_las_plataformas_de_ensenanza_a_distancia_de_la_UNED_en_las_asignaturas_de_Construcciones_Industriales

García-Peñalvo, F.J. (2020). Modelo de referencia para la enseñanza no presencial en universidades presenciales. *Campus Virtuales*, 9(1), 41-56. ISSN: 2255-1514. http://uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/625

INVESTIGACIÓN SOBRE LA CONTRIBUCIÓN DE LAS VISITAS PROFESIONALES AL DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

RESEARCH ON THE CONTRIBUTION OF PROFESSIONAL VISITS TO COMPETENCY DEVELOPMENT IN BUILDING ENGINEERING

Milagro Iborra-Lucas[(1)], Pablo Monzón Bello[(2)], Jose Manuel Gandía Romero [(3)]

[1] Departamento Construcciones Arquitectónicas, Universitat Politècnica de València , España, miborra1@upvnet.upv.es
[2] Departamento Construcciones Arquitectónicas, Universitat Politècnica de València , España, pabmonb1@csa.upv.es
[3] Departamento Construcciones Arquitectónicas, Universitat Politècnica de València , España, joganro@csa.upv.es

RESUMEN

Este estudio investiga el valor pedagógico de las visitas a empresas como estrategia de aprendizaje basada en la práctica en la educación superior, con un enfoque específico en los programas de Ingeniería de Edificación. A medida que las universidades buscan establecer vínculos más estrechos con el sector productivo, la integración de experiencias del mundo real en los planes de estudio adquiere una relevancia creciente. Las visitas a empresas ofrecen un entorno de aprendizaje contextualizado, en el que el alumnado puede observar prácticas profesionales y conectar el conocimiento teórico con su aplicación práctica.

Se empleó un diseño metodológico con datos cuantitativos recogidos mediante encuestas a estudiantes que participaron en visitas organizadas a empresas. El análisis se centró en la valoración global de la experiencia, la relevancia educativa, el desarrollo de la actividad y los aspectos metodológicos.

Los hallazgos indican que las visitas a empresas mejoran significativamente la comprensión del sector de la construcción por parte del alumnado, contribuyendo a su preparación profesional. Los participantes manifestaron un aumento en la motivación, una mejor comprensión de conceptos complejos y una mayor percepción de relevancia en su formación académica. Además, se observó que estas visitas fortalecen la colaboración universidad–empresa y fomentan oportunidades de prácticas profesionales y proyectos aplicados.

Los resultados respaldan la integración sistemática de visitas estructuradas a empresas dentro del currículo de ingeniería como una vía para enriquecer la enseñanza académica y alinear los resultados educativos con las demandas del mercado laboral. El estudio concluye con una serie de recomendaciones para el diseño y evaluación de programas de visitas a empresas eficaces, destacando su potencial como herramienta docente de alto impacto en la formación técnica.

Palabras clave: *Aprendizaje experiencial; educación superior; Colaboración universidad–empresa; Metodologías activas de enseñanza-aprendizaje*

ABSTRACT

This study explores the pedagogical value of company visits as a practice-based learning strategy in higher education, with particular emphasis on Building Engineering programs. In the current landscape of higher education, universities are increasingly challenged to establish closer and more effective ties with the productive sector in order to enhance the employability and professional readiness of their graduates. Within this framework, the integration of real-world experiences into academic curricula emerges as an essential component of contemporary teaching and learning approaches. Company visits provide a contextualized learning environment in which students are able to observe professional practices, engage with practitioners, and establish meaningful connections between theoretical knowledge and its practical application. Such

experiences contribute not only to knowledge acquisition but also to the development of professional competencies and attitudes that are essential for successful career trajectories.

The study employed a quantitative methodological design, collecting survey data from students who participated in organized company visits. The analysis was structured around four main dimensions: overall assessment of the experience, educational relevance, organizational development, and methodological considerations.

Findings indicate that company visits substantially improve students' understanding of the construction sector while simultaneously contributing to their professional formation. Participants highlighted increased motivation, enhanced comprehension of complex technical concepts, and a heightened sense of relevance in relation to their academic training. Moreover, the evidence suggests that these visits strengthen university–industry collaboration, facilitating opportunities for internships, applied projects, and knowledge transfer initiatives.

The results therefore support the systematic incorporation of structured company visits into engineering curricula as a high-impact pedagogical strategy capable of enriching academic instruction and aligning educational outcomes with the evolving demands of the labor market.

Keywords: *Experiential learning; Higher education; University–industry collaboration; Active learning methodologies.*

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la educación superior ha experimentado una transformación orientada hacia modelos de enseñanza más centrados en el estudiante y conectados con la realidad profesional. Este cambio de paradigma responde a la necesidad de formar profesionales competentes, capaces de afrontar los desafíos de un entorno laboral complejo, dinámico y globalizado. En este contexto, las metodologías de aprendizaje activo, entre las que se encuentran el aprendizaje experiencial, el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje cooperativo o el aprendizaje por proyectos, han adquirido un papel central en el diseño curricular (Prince, 2004; Bonwell & Eison, 1991; Freeman et al., 2014).

El aprendizaje experiencial, en particular, se ha consolidado como una estrategia pedagógica eficaz al ofrecer oportunidades para que el alumnado integre conocimientos teóricos con situaciones prácticas del entorno laboral (Kolb, 1984; Schön, 1983). Este enfoque se sustenta en la idea de que el conocimiento se construye a través de la experiencia directa, la reflexión y la aplicación en contextos reales, favoreciendo así un aprendizaje significativo y duradero (Boud, Cohen & Walker, 1993). Una de las estrategias con mayor potencial dentro de esta aproximación pedagógica es la realización de visitas a empresas, las cuales permiten al estudiantado observar in situ los procesos productivos, interactuar con profesionales del sector y comprender el funcionamiento real de la industria relacionada con su área de estudio.

En los programas de Ingeniería de Edificación, caracterizados por un fuerte componente técnico y aplicado, las visitas a obras o fábricas de materiales representan una oportunidad única para contextualizar el aprendizaje, estimular la motivación y fomentar competencias transversales como el trabajo en equipo, la comunicación interpersonal o la capacidad de análisis crítico (Biggs y Tang, 2007; García-Valcárcel y Tejedor, 2017; de Miguel Díaz, 2006). Este tipo de actividades también se enmarcan dentro del enfoque competencial promovido por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), que enfatiza no solo la adquisición de contenidos teóricos, sino también el desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para el ejercicio profesional.

Además, estas experiencias pueden actuar como puente entre la universidad y el sector productivo, fortaleciendo la relación entre ambos ámbitos y facilitando la transición al mundo laboral (Tynjälä, 2008; Jackson, 2015). La interacción directa con entornos reales favorece el desarrollo de una visión más amplia y crítica de la profesión, al tiempo que estimula la implicación del alumnado y refuerza la pertinencia de los contenidos académicos (Lima, Mesquita & Flores, 2017).

Pese a sus potenciales beneficios, la implementación sistemática y la evaluación rigurosa de estas actividades dentro del currículo universitario no siempre se lleva a cabo con criterios pedagógicos definidos. La ausencia de planificación didáctica, la falta de coordinación entre docentes y empresas, o la escasa integración con el resto de las actividades formativas pueden limitar su impacto educativo. En consecuencia,

resulta pertinente analizar en qué medida las visitas profesionales contribuyen efectivamente al desarrollo competencial del alumnado y cómo pueden integrarse de forma estratégica en los planes de estudio.

Para ello, se presentan los resultados de una investigación llevada a cabo en el ámbito de la Ingeniería de Edificación, cuyo objetivo es valorar el impacto educativo de las visitas a empresas como herramienta didáctica, explorando la percepción de los estudiantes respecto al aprendizaje alcanzado, así como la relación de estas actividades con el desarrollo de competencias clave para el ejercicio profesional.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es **analizar el impacto pedagógico de las visitas a empresas en la formación del alumnado del Grado en Arquitectura Técnica**, valorando tanto su contribución al desarrollo de competencias teóricas y prácticas como su potencial como estrategia de aprendizaje experiencial.

A partir de este propósito general, se plantean los siguientes **objetivos específicos**:

- **Explorar la percepción del estudiantado** en relación con la utilidad, pertinencia y aplicabilidad de los conocimientos adquiridos durante dichas visitas.
- **Evaluar los elementos organizativos y didácticos** que inciden en la efectividad de estas actividades (como el contenido, la duración o la interacción con profesionales del sector).
- **Proponer recomendaciones** para una integración más eficaz de las visitas profesionales en los planes docentes, en consonancia con el enfoque competencial promovido por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

3. METODOLOGÍA

3.1 Marco teórico

La fundamentación teórica del estudio se basa en aportaciones del aprendizaje experiencial (Kolb, 1984), el aprendizaje situado (Schön, 1983; Lave & Wenger, 1991) y el enfoque por competencias (Tobón, 2006). Diversos estudios destacan el valor de las visitas profesionales como herramienta metodológica que favorece la contextualización del aprendizaje, la motivación del alumnado y el desarrollo de competencias tanto técnicas como transversales (Tynjälä, 2008; García-Valcárcel & Tejedor, 2017; Jackson, 2015).

Las visitas a entornos reales permiten al estudiante observar la aplicación práctica de los contenidos teóricos, promoviendo un aprendizaje significativo, activo y orientado a la resolución de problemas (Prince, 2004; Freeman et al., 2014). En el contexto específico de la Ingeniería de Edificación, estas actividades se consideran especialmente pertinentes dada la naturaleza aplicada del perfil profesional.

3.2 Diseño y selección de participantes

El diseño de las visitas a empresa como herramienta pedagógica se diseñó teniendo en cuenta el fortalecimiento en la adquisición de competencias profesionales y la vinculación efectiva entre la teoría y la práctica. Así pues, tres son los aspectos a tener en cuenta en el proceso metodológico del diseño de las visitas, que permitiera al alumno interaccionar con la empresa, que la propia empresa pudiera exponer sus sistemas y aplicaciones y por último que el alumno experimentara un entorno real de trabajo relacionado con el ámbito de la edificación, especifico de su titulación universitaria.

El estudio se llevó a cabo en la Universitat Politècnica de València, en el marco de las asignaturas Construcción II y Construcción III del Grado en Arquitectura Técnica, durante el curso académico 2024/2025. La muestra estuvo compuesta por 26 estudiantes de segundo y tercer curso que participaron en visitas técnicas a empresas del sector de la edificación. Se realizó un muestreo por conveniencia, dado el carácter voluntario y contextual de la participación, asegurando diversidad en cuanto al nivel académico y la experiencia previa en visitas de este tipo (Creswell & Creswell, 2018). También se tuvo en consideración el aforo limitado por las propias empresas, dados los riesgos de seguridad y salud que conlleva implícito un entorno de trabajo, con el fin de garantizar la mayor seguridad para los estudiantes y asegurar un entorno controlado.

3.3 Instrumento de recolección de datos

Para la obtención de datos se empleó un cuestionario estructurado, de carácter anónimo y voluntario, diseñado específicamente para medir la percepción del estudiantado sobre el valor formativo de las visitas a empresas. El instrumento incluía un total de 23 ítems de respuesta cerrada, organizados en torno a 5 dimensiones: 1) valoración de la experiencia, 2) relevancia educativa y contenidos, 3) desarrollo de la actividad, 4) aspectos metodológicos y 5) aspectos organizativos.

Los ítems se formularon en una escala tipo Likert de cinco puntos (1 = Totalmente en desacuerdo; 5 = Totalmente de acuerdo), lo que permitió obtener datos cuantificables y comparables, siguiendo las recomendaciones metodológicas para estudios educativos centrados en la percepción de experiencias formativas (Biggs, 2003; Boud et al., 1993).

3.4 Análisis de datos e interpretación de resultados

La encuesta fue implementada de forma telemática a través de la plataforma institucional una vez finalizadas las visitas. Se garantizó el consentimiento informado de los participantes y el carácter confidencial de los datos. Este procedimiento aseguró la validez ética del estudio y la voluntariedad de la participación, principios fundamentales en la investigación educativa (Cohen, Manion & Morrison, 2011).

El análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva, centrada en el cálculo de porcentajes de las respuestas. Se analizaron las tendencias generales y se agruparon los ítems según dimensiones temáticas para facilitar la interpretación. Este tipo de análisis resulta adecuado para estudios exploratorios con diseños transversales y permite identificar patrones relevantes en la percepción del alumnado (Muijs, 2010). Los resultados obtenidos se interpretaron a la luz de las preguntas de investigación, con el objetivo de identificar qué competencias son más favorecidas por las visitas, qué elementos organizativos o metodológicos son más valorados por el alumnado, y cuáles son los aspectos susceptibles de mejora. Esta interpretación permite establecer un vínculo directo entre la experiencia práctica y el desarrollo competencial del estudiantado, coherente con modelos de enseñanza centrados en el estudiante y orientados a la empleabilidad (Tynjälä, 2008; Jackson, 2015).

3.5 Conclusiones y recomendaciones

A partir de los resultados se elaboraron conclusiones sobre la efectividad percibida de las visitas a empresas como herramienta de aprendizaje, así como recomendaciones orientadas a su mejora e integración curricular. Se identifican líneas de acción para optimizar su diseño didáctico, reforzar la coordinación con las empresas colaboradoras y promover un mayor aprovechamiento pedagógico de estas actividades (García-Valcárcel & Tejedor, 2017; de Miguel Díaz, 2006).

3.6 Validación y retroalimentación

Como parte del proceso de validación, los resultados del estudio se presentaron ante el equipo docente responsable de las asignaturas y se discutieron las implicaciones prácticas de las conclusiones. Asimismo, se prevé ampliar la retroalimentación del alumnado en futuras ediciones, como estrategia para mejorar la calidad de las visitas, tal como recomiendan algunos investigadores en trabajos similares (Creswell & Creswell, 2018). En la figura 1 se muestra el proceso metodológico seguido en el diseño y desarrollo de la actividad de visita a empresa como instrumento pedagógico de enseñanza-aprendizaje.

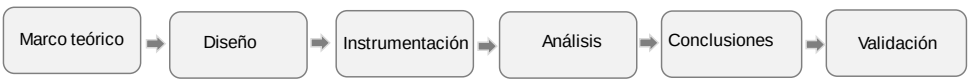


Figura 1. Metodología.

4. RESULTADOS

4.1 Experiencias in situ

El diseño de la visita a empresa se estructura desde diversos enfoques complementarios con la finalidad de potenciar el proceso de enseñanza-aprendizaje y fomentar el aprendizaje activo, reflexivo y contextualizado. En este sentido, se propone una metodología mixta que articule tres enfoques fundamentales: participativo, expositivo y experiencial.

Desde un enfoque participativo, se plantea la organización de un *workshop* o taller en el que los estudiantes interactúan de forma directa con los profesionales de la empresa, resolviendo casos prácticos o desafíos reales vinculados a procesos productivos, innovación o gestión tecnológica. Este componente busca fomentar el pensamiento crítico, el trabajo en equipo y la capacidad de aplicar conocimientos en contextos reales, Foto 1.



Foto 1. Workshop aplicación laminas impermeabilizantes vinílicas en empresa. Instalaciones BMI Group (Chova). (Fuente propia).

En segundo lugar, el enfoque expositivo adopta la forma de una clase magistral impartida por representantes de la empresa, quienes presentan su modelo de negocio, su estrategia tecnológica y los sistemas de producción empleados. Este formato permite a los estudiantes comprender la lógica empresarial y los retos que enfrentan las organizaciones en el contexto actual de transformación digital e industrial, Foto 2.



Foto 2. Aplicación laminas bituminosas in situ, visita de obra Tejas Borja (izda). Instalaciones Kerakoll (dcha). (Fuente propia).

Por último, el enfoque experiencial se concreta en la visita guiada por las instalaciones de la empresa, conducida por técnicos cualificados, lo que posibilita observar de manera directa los entornos de trabajo, las

líneas de producción y los sistemas de control y ensamblaje utilizados, complementando así la formación académica con una experiencia de aprendizaje situada y contextualizada, Foto 3.



Foto 3. Visita obra-fase cubiertas (izda). Visita Campus Kerakoll (dcha). (Fuente propia).

La combinación de estos enfoques contribuye a una experiencia formativa integral, en la que el estudiante no solo adquiere conocimientos técnicos, sino que también desarrolla habilidades de análisis, comunicación y toma de decisiones, imprescindibles en el ejercicio profesional en el ámbito de la construcción industrializada y otras disciplinas tecnológicas.

4.2 Resultados encuestas

El diseño de la encuesta se ha estructurado en torno a cinco bloques temáticos, con el objetivo de analizar de forma global y detallada la percepción del alumnado sobre las visitas a empresas organizadas en el marco de la asignatura. Cada bloque aborda un aspecto clave de la experiencia y se compone de una serie de preguntas específicas que permiten valorar distintos elementos del proceso:

- Valoración de la experiencia: Este bloque tiene como finalidad conocer la impresión general del alumnado respecto a las visitas realizadas. Las preguntas incluidas evalúan el grado de satisfacción global, el cumplimiento de expectativas personales y la percepción sobre la conveniencia de repetir este tipo de actividades en el futuro.
- Relevancia educativa y contenidos: En este segundo bloque se analiza la conexión entre las visitas y los contenidos académicos de la asignatura, así como el aporte en términos de aprendizaje práctico.
- Desarrollo de la actividad: Este apartado examina cómo se desarrolló la actividad, considerando aspectos como la interacción con los profesionales, la claridad de la información recibida, la duración de las visitas y la calidad de la planificación logística
- Aspectos metodológicos: este bloque se centra en el enfoque pedagógico de la actividad, evaluando si este tipo de visitas se perciben como una metodología eficaz, motivadora y útil para contextualizar el aprendizaje en el ámbito de la edificación
- Aspectos organizativos: Este bloque tiene como finalidad valorar elementos prácticos y logísticos que influyen directamente en la experiencia del alumnado durante las visitas. Se consideran aspectos relacionados con la accesibilidad, la calidad del entorno, la interacción y los detalles complementarios que enriquecen la actividad

La combinación de estos cinco bloques permite obtener una evaluación completa y coherente, facilitando la toma de decisiones informadas para futuras ediciones o propuestas similares.

La Tabla 1 recoge las cuestiones formuladas al alumnado, junto con el porcentaje de respuestas obtenido en cada una de las cinco categorías de la escala Likert (desde "Totalmente en desacuerdo (TDA)" hasta "Totalmente de acuerdo"(TA). La encuesta permite analizar de forma detallada la percepción del estudiantado sobre el valor pedagógico, la organización y los aspectos complementarios de las visitas a empresas desarrolladas en el marco de las asignaturas de Construcción II y Construcción III.

Tabla 1. Cuestionario y distribución porcentual de las respuestas del alumnado según escala Likert. (Fuente propia).

	CUESTIONES	TDA	DA	I	A	TA
	1. Valoración de la experiencia:					
1	¿Qué grado de satisfacción general tuviste tras las visitas a empresas realizadas?	0%	0%	0%	31%	69%
2	¿Las visitas a las empresas han cumplido con tus objetivos?	0%	0%	0%	27%	73%
3	¿Consideras que se deberían realizar otras visitas a empresas en el futuro?	0%	0%	4%	8%	88%
	2. Relevancia educativa y contenidos:					
4	¿Consideras que las visitas a empresas organizadas guardan relación con los contenidos de la asignatura?	0%	0%	0%	27%	73%
5	¿Las visitas a las empresas te han aportado nuevos conocimientos prácticos?	0%	0%	4%	19%	77%
	3. Desarrollo de la actividad:					
6	¿Consideras que la interacción con el personal de la empresa durante las visitas fue satisfactoria?	0%	0%	4%	27%	69%
7	¿La información proporcionada por las empresas fue clara y comprensible?	0%	0%	0%	31%	69%
8	¿La duración de las visitas fue suficiente para cumplir con los objetivos propuestos?	0%	4%	4%	40%	52%
9	¿Consideras que las visitas estuvieron bien organizadas en términos logísticos y de planificación?	0%	4%	4%	24%	68%
	4. Aspectos metodológicos:					
10	¿Las visitas a empresas del sector de la edificación son una buena metodología de aprendizaje?	0%	0%	4%	12%	85%
11	¿Las visitas a empresas del sector de la edificación son un mecanismo de motivación para el alumnado?	0%	0%	4%	31%	65%
12	¿Las visitas a empresas del sector de la edificación son una herramienta útil para la contextualización de la enseñanza?	0%	0%	8%	23%	69%
	5. Aspectos organizativos:					
13	¿Valoras que las visitas se realicen con un guía?	0%	0%	0%	15%	85%
14	¿Valoras que las visitas a empresas sean gratuitas?	0%	0%	0%	4%	96%
15	¿Valoras que las empresas sean innovadoras y tecnológicamente avanzadas?	0%	0%	8%	0%	92%
16	¿Valoras que las visitas permitan vivir una experiencia real de la actividad?	0%	4%	0%	8%	88%
17	¿Valoras que permitan interactuar con los trabajadores?	0%	0%	4%	27%	69%
18	¿Valoras que tengan baños para visitantes?	0%	4%	15%	15%	65%
19	¿Valoras que las empresas sean representativas de la zona?	0%	4%	15%	31%	50%
20	¿Valoras que permitan la participación activa de los visitantes?	0%	0%	8%	23%	69%
21	¿Valoras que entreguen un obsequio o souvenir?	0%	0%	4%	8%	88%
22	¿Valoras que tengan una sala de acogida y bienvenida?	0%	0%	8%	23%	69%
23	¿Valoras que den un aperitivo, almuerzo o comida?	0%	0%	0%	19%	81%

1. Valoración global de la experiencia. El grado de satisfacción general con las visitas fue muy elevado: el 69% de los estudiantes se mostraron totalmente de acuerdo con haber tenido una experiencia satisfactoria y el 88% considera que estas actividades deberían repetirse en el futuro. Asimismo, el 73% manifestó que las visitas cumplieron sus objetivos de aprendizaje. Estos datos confirman el potencial motivador y formativo de esta metodología (Tynjälä, 2008; Jackson, 2015). Los resultados se muestran gráficamente en la Figura 2.

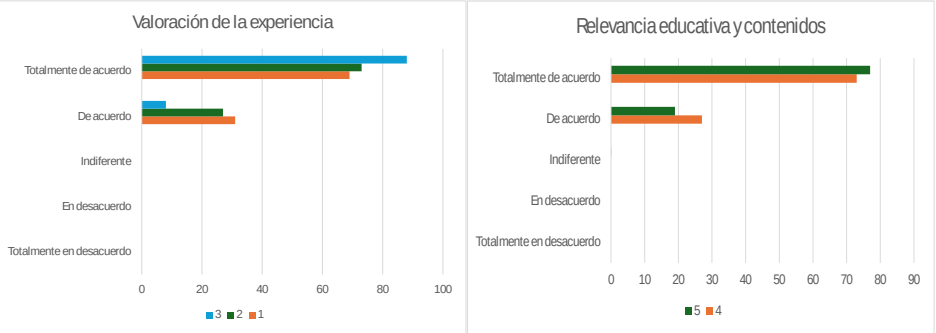


Figura 2. Resultados de Valoración de la experiencia (izda) y Relevancia educativa y contenidos (dcha). (Fuente propia).

2. Relevancia educativa y conexión con los contenidos. Un 73% del alumnado percibe una relación clara entre las visitas y los contenidos de la asignatura, mientras que el 77% afirma haber adquirido nuevos conocimientos prácticos. Estos resultados validan el valor de las visitas como mecanismo de aprendizaje contextualizado y como puente entre la teoría y la práctica, en línea con los planteamientos del aprendizaje experiencial (Kolb, 1984) y situado (Schön, 1983). Los resultados se muestran gráficamente en la Figura 2 (dcha).

3. Desarrollo de la actividad. En este apartado las valoraciones también fueron positivas. Más del 90% de los encuestados valoraron como positiva o muy positiva la interacción con el personal de las empresas, la claridad de la información ofrecida, la adecuación de la duración de las visitas y su planificación general. Estos datos destacan la importancia de una coordinación eficaz entre la universidad y las empresas colaboradoras (García-Valcárcel & Tejedor, 2017).

4. Aspectos metodológicos. Los estudiantes reconocen unánimemente el valor metodológico de estas actividades: el 85% considera que las visitas son una buena metodología de aprendizaje, el 86% las percibe como un mecanismo de motivación, y el 69% destaca su utilidad para contextualizar los contenidos. Estos datos refuerzan la necesidad de integrar sistemáticamente este tipo de estrategias en el diseño docente, tal como proponen Biggs y Tang (2007) y De Miguel (2006).

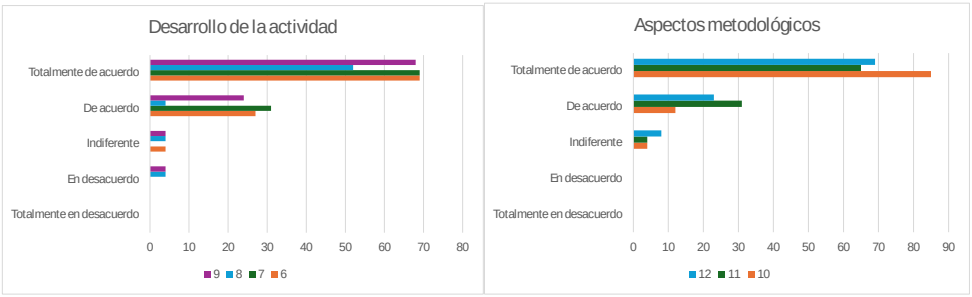


Figura 3. Resultados de Desarrollo de la actividad (izda) y Aspectos metodológicos y contenidos (dcha). (Fuente propia).

5. Aspectos organizativos valorados. Los aspectos más valorados por los estudiantes fueron la innovación tecnológica de las empresas visitadas (92%), la posibilidad de vivir una experiencia real (88%) y la interacción con los trabajadores (69%). Otros elementos como la representación territorial de la empresa, la existencia de una guía o de espacios de acogida también fueron bien valorados, si bien se consideran secundarios frente a los elementos pedagógicos y técnicos.

Por otro lado, la Figura 2 muestra la representación gráfica de las respuestas del alumnado a los 23 ítems del cuestionario, según la escala Likert empleada (totalmente en desacuerdo hasta totalmente de acuerdo).

En términos generales, destaca el alto predominio de la categoría totalmente de acuerdo (color morado), que alcanza porcentajes superiores al 70% en la mayoría de los ítems. Este patrón se repite especialmente en las preguntas relacionadas con: la valoración general de la experiencia (ítems 1–3); el valor metodológico de las visitas (ítems 10–12) y la experiencia vivida en las empresas (ítems 15–17).

Las respuestas indican una percepción muy positiva del alumnado, reflejando tanto una fuerte aceptación de la actividad como su relevancia en términos formativos. Las dos categorías de desacuerdo apenas superan el 5% en ningún ítem, lo que evidencia una muy baja disconformidad con las visitas realizadas. La opción

Indiferente se mantiene estable y minoritaria, con ciertos repuntes en aspectos secundarios como los relacionados con la logística o servicios complementarios (ítems 18–23).

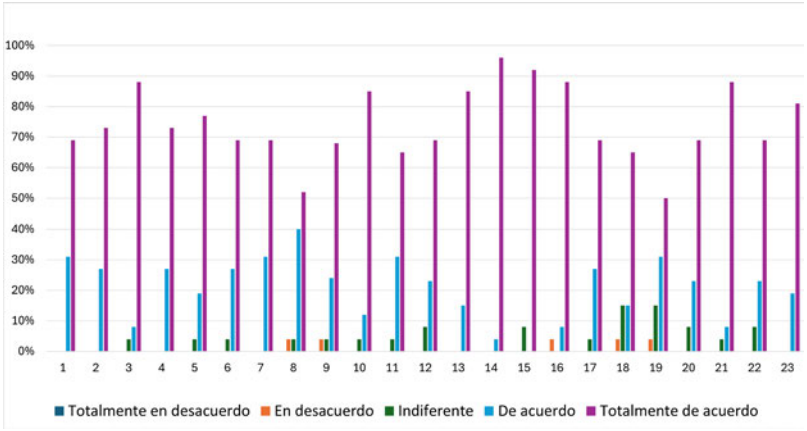


Figura 4. Representación gráfica de las respuestas a los 23 ítems del cuestionario de evaluación de las visitas a empresas (Fuente propia).

También se puede observar que los ítems con mayor dispersión de respuestas corresponden a aspectos organizativos no esenciales (por ejemplo, la entrega de obsequios o la existencia de salas de acogida), lo que sugiere que estos elementos tienen menor peso en la percepción del valor educativo de la actividad. En conjunto, la representación gráfica confirma que el alumnado valora especialmente los elementos experienciales, prácticos y metodológicos, frente a los organizativos o complementarios. Estos resultados refuerzan la necesidad de potenciar el componente pedagógico y formativo de las visitas, asegurando su alineación con los objetivos académicos.

5. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio evidencian el alto valor pedagógico de las visitas a empresas como estrategia de aprendizaje experiencial en el ámbito de la Ingeniería de Edificación. El alumnado valoró de forma muy positiva su utilidad formativa, su capacidad para conectar los contenidos teóricos con situaciones reales, y su potencial para fomentar la motivación, el compromiso y la adquisición de competencias clave para el ejercicio profesional. En concreto, se constata una fuerte alineación entre los objetivos académicos de las asignaturas y la experiencia vivida en las visitas, especialmente en lo relativo al aprendizaje práctico, el conocimiento del sector y la contextualización del currículo. Asimismo, la evaluación de los aspectos organizativos —interacción con profesionales, duración, claridad de la información— revela una planificación satisfactoria y una ejecución eficaz, gracias a la colaboración activa entre el equipo docente y las empresas participantes. No obstante, y pese a los resultados positivos, el estudio pone de manifiesto algunas oportunidades de mejora, tanto en el plano metodológico como en la evaluación del impacto formativo:

Rediseño del cuestionario: sería conveniente replantear la estructura del instrumento de recogida de datos, reduciendo el número de ítems, adaptando parte del contenido para ser aplicado in situ, inmediatamente después de la visita, con preguntas más cualitativas y reflexivas.

Incorporación de instrumentos complementarios: se propone diseñar un cuaderno de campo para el alumnado, que permita recoger impresiones personales, aprendizajes adquiridos, dudas surgidas y propuestas de mejora. Este enfoque cualitativo enriquecería la evaluación del impacto de la actividad y fomentaría la autorreflexión crítica.

Ampliación del enfoque evaluativo: sería interesante incorporar la visión de otros agentes implicados, como el profesorado responsable o los profesionales de las empresas colaboradoras, a través de entrevistas o encuestas específicas. Esta triangulación permitiría validar los resultados y mejorar el diseño conjunto de futuras visitas.

En cuanto a líneas de futuro, se plantea avanzar hacia una integración curricular más sistemática y estratégica de las visitas a empresas, con una planificación didáctica explícita, objetivos competenciales definidos y mecanismos de seguimiento y evaluación integrados en las asignaturas. Asimismo, se recomienda reforzar la colaboración universidad–empresa no solo como escenario de aprendizaje, sino también como

oportunidad para el desarrollo de prácticas, proyectos aplicados y vinculación temprana con el mundo profesional. En definitiva, el estudio confirma que las visitas a empresas constituyen una herramienta docente de alto impacto en la formación del alumnado, siempre que se diseñen e implementen con criterios pedagógicos rigurosos y en estrecha conexión con los objetivos del plan de estudios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x

Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom. 1991 ASHE-ERIC higher education reports*. ERIC Clearinghouse on Higher Education, The George Washington University, One Dupont Circle, Suite 630, Washington, DC 20036-1183. https://eric.ed.gov/?id=ED336049

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the national academy of sciences*, 111(23), 8410-8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice-Hall.

Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. Basic Books.

Boud, D., Cohen, R., & Walker, D. (1993). *Using Experience for Learning*. Open University Press.

Biggs, J., & Tang, C. (2007). *Teaching for Quality Learning at University* (3rd ed.). McGraw-Hill.

García-Valcárcel, A., & Tejedor, F. (2017). Competencias profesionales en el EEES: una propuesta de evaluación en contextos de aprendizaje colaborativo. *Revista Complutense de Educación*, 28(2), 427–445.

de Miguel Díaz, M. (2006). *Metodologías activas para la formación de competencias*. Universidad de Oviedo.

Tynjälä, P. (2008). Perspectives into learning at the workplace. *Educational Research Review*, 3(2), 130–154. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.12.001

Lima, R. M., Mesquita, D., & Flores, M. A. (2017). *How do engineering students perceive project-based learning? A cross-sectional study*. *International Journal of Engineering Education*, 33(3), 1078–1088.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press. https://psycnet.apa.org/doi/10.1017/CBO9780511815555

Tobón, S. (2006). *Formación basada en competencias: Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. ECOE Ediciones.

Jackson, D. (2015). Employability skill development in work-integrated learning: Barriers and best practice. *Studies in Higher Education*, 40(2), 350–367. https://doi.org/10.1080/03075079.2013.842221

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE.

Biggs, J. (2003). *Teaching for Quality Learning at University*. SRHE and Open University Press.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education* (7th ed.). Routledge.

Muijs, D. (2010). *Doing Quantitative Research in Education with SPSS* (2nd ed.). SAGE.

FOMENTO DE LA INTERDISCIPLINARIEDAD Y LA COLABORACIÓN PÚBLICO-PRIVADA A TRAVÉS DE LA DOCENCIA INVESTIGADORA

FOSTERING INTERDISCIPLINARITY AND PUBLIC-PRIVATE COLLABORATION THROUGH RESEARCH-LED TEACHING

Carlos Pérez-Carramiñana[(1)], José Antonio Huesca Tortosa[(2)], César Daniel Sirvent Pérez[(3)], María Isabel Pérez Millán[(4)]

[1] Universidad de Alicante, Alicante, España, c.perez@ua.es
[2] Universidad de Alicante, Alicante, España, ja.huesca@ua.es
[3] Universidad de Alicante, Alicante, España, sirvent@ua.es
[4] Universidad de Alicante, Alicante, España, Isabel.perez@ua.es

RESUMEN

La comunicación explica las nuevas estrategias de aprendizaje desarrolladas en la Universidad de Alicante que utilizan la investigación incorporada a la enseñanza universitaria como método docente en etapas tempranas de la formación académica de los estudiantes de arquitectura y arquitectura técnica. El objetivo de estas investigaciones abarca desde la mejora de las técnicas constructivas y criterios de diseño arquitectónico para la mejor adaptación al cambio climático de los futuros edificios, hasta la mejora de la caracterización de los materiales o el análisis del comportamiento térmico y el estado de degradación y deformaciones en los estudios previos y diagnóstico en el patrimonio edificado. La metodología empleada ha consistido en unificar docencia e investigación en el ámbito universitario, con la participación del alumnado en el desarrollo de investigaciones científicas aplicadas al sector de la edificación tuteladas por los profesores, mediante talleres patrocinados por empresas con premios y becas para los mejores trabajos. La trascendencia de estos nuevos métodos docentes ha consistido en contribuir a la multidisciplinariedad y transversalidad entre áreas de conocimiento en edificación, arqueología, medio ambiente o neuroarquitectura, aproximar al alumno a la realidad laboral, y potenciar la vinculación público-privada entre la universidad y el tejido productivo. Los trabajos desarrollados por alumnos y profesores han dado resultados en forma de contribuciones a congresos internacionales y publicaciones científicas indexadas. Los resultados han demostrado la capacidad del ámbito docente universitario para desarrollar propuestas técnicas que, analizando y reinterpretando investigaciones científicas previas, planteen soluciones novedosas aplicadas a casos de estudio concretos que mejoren la eficiencia energética, el confort térmico y la preservación del patrimonio edificado mediante nuevas soluciones constructivas y arquitectónicas adaptadas al clima.

Palabras clave: *Interdisciplinariedad, Docencia Investigadora, Multidisciplinariedad,*

ABSTRACT

The communication explains the new learning strategies developed at the University of Alicante that use research incorporated into university teaching as a teaching method in the early stages of the academic training of architecture and technical architecture students. The objective of this research ranges from improving construction techniques and architectural design criteria for better adaptation to climate change in future buildings, to improving the characterisation of materials or the analysis of thermal behaviour and the state of degradation and deformations in preliminary studies and diagnostics in the built heritage. The methodology used has consisted of unifying teaching and research in the university environment, with the participation of students in the development of scientific research applied to the building sector under the supervision of professors, through workshops sponsored by companies with prizes and grants for the best work. The transcendence of these new teaching methods has consisted of contributing to multidisciplinarity and transversality between areas of knowledge in building, archaeology, the environment and

neuroarchitecture, bringing students closer to the reality of work, and strengthening the public-private link between the university and the productive fabric. The work carried out by students and lecturers has yielded results in the form of contributions to international conferences and indexed scientific publications. The results have demonstrated the capacity of the university teaching environment to develop technical proposals which, by analysing and reinterpreting previous scientific research, propose innovative solutions applied to specific case studies that improve energy efficiency, indoor thermal comfort and the preservation of built heritage through new construction and architectural solutions adapted to the climate.

Keywords: *Interdisciplinarity, Research-Led Teaching, Multidisciplinarity*

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios demuestran que las metodologías docentes aplicadas en la educación superior, innovadoras y activas centradas en el estudiantado, en su participación activa y el desarrollo de sus competencias; fomentan el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo en equipo. Con el empleo de estas metodologías innovadoras, el docente actúa como un guía o facilitador del aprendizaje y el estudiantado se convierte en el protagonista de su propio proceso educativo, desarrollando la autonomía, la iniciativa y el pensamiento crítico. En definitiva, metodologías científicas y de investigación empleadas en el ámbito de la educación superior y llevadas a cabo en nuestro departamento. En este sentido, nuestro departamento pretende aunar los conocimientos adquiridos en forma de trabajos basados en problemas y proyectos para así tratarlos y divulgarlos en artículos científicos y de investigación inéditos, a partir de casos reales y de interés comunitario que planteen soluciones útiles para para la sociedad.

Investigaciones anteriores de la Universidad de Alicante han demostrado los beneficios en la eficiencia energética y confort térmico de las casas del uso de las terrazas acristaladas como galerías solares en invierno (Sabatell-Canales et al., 2023; Pérez-Carramiñana et al., 2023a) y la ventilación natural en verano (Pérez-Carramiñana et al., 2022a; González-Avilés et al., 2022), especialmente en climas no excesivamente calurosos ni fríos como la costa mediterránea y climas similares. Otros trabajos, mediante investigaciones multiobjetivo, también han permitido demostrar las ventajas de modificar varios aspectos técnicos y materiales de las envolventes arquitectónicas en lugar de centrarse en la mejora exclusivamente de un componente o sistema constructivo concreto (Pérez-Carramiñana et al., 2022b; Lozoya-Peral et al., 2022). Los resultados y conclusiones de estos estudios ponen en cuestión los beneficios reales de la mayoría de las rehabilitaciones energéticas ejecutadas en los últimos años en España e incluso la correcta adaptación de las normativas de eficiencia energética a determinados climas de la geografía española con elevada insolación anual (Pérez-Carramiñana et al., 2023b). Sin embargo, resulta pertinente que estas investigaciones sean aplicadas y comprobadas en más casos de estudios permitiendo explorar y analizar nuevos patrones de diseño arquitectónico, comparando diferentes soluciones constructivas (Pérez-Carramiñana et al., 2024) e incluso distribuciones funcionales en los edificios (Almagro-Lidón et al., 2024) adaptadas a diferentes tipos de clima y usuarios.

Por otra parte, el notable incremento normativo en los últimos años de las profesiones técnicas reguladas como Arquitectura y Arquitectura Técnica requiere adaptar constantemente los contenidos y métodos de enseñanza de los estudiantes para garantizar que su formación disponga de unos mínimos fundamentos para garantizar los conocimientos y habilidades suficientes para el inicio de la práctica profesional. El objetivo es asegurar que los estudiantes y futuros arquitectos y arquitectos técnicos, concluyan su formación con un manejo sólido de los conocimientos y competencias necesarios para desarrollar y justificar técnicamente un proyecto de ejecución, de acuerdo con los nuevos conceptos y criterios establecidos por la normativa técnica en constante evolución. Y en un actual contexto tecnológico e industrial en constante evolución en el sector de la edificación, es fundamental ir incorporando las capacidades en Investigación + Desarrollo + innovación (I+D+i) como habilidades inherentes a la formación y ejercicio profesional de los futuros egresados.

Para resolver esta necesidad, desde el Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Alicante se propuso hace dos años como diseño experimental incorporar nuevas estrategias de aprendizaje que potencien la utilización de metodologías científicas e investigación aplicada en el desarrollo de los trabajos de curso de los alumnos en las asignaturas que imparte el departamento en las titulaciones de Arquitectura y Arquitectura Técnica como método docente en la enseñanza universitaria de los futuros profesionales, no sólo a nivel de máster o doctorado sino también desde etapas tempranas de la formación académica de los títulos de Grado.

La trascendencia de estos nuevos métodos de enseñanza radica en su aportación a la multidisciplinariedad y la transversalidad entre diversas áreas de conocimiento, como la edificación, la arqueología, el medio ambiente o la neuroarquitectura. Además, han acercado al estudiante a la realidad profesional y han fortalecido la colaboración público-privada entre la universidad y el sector productivo. Los proyectos realizados por alumnos y docentes se han materializado en contribuciones a congresos internacionales y en publicaciones científicas indexadas.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de las nuevas estrategias de aprendizaje desarrolladas en la Universidad de Alicante es aplicar la investigación incorporada a la propia enseñanza universitaria como método docente en etapas tempranas de la formación académica de los estudiantes para fomentar los métodos científicos entre los futuros profesionales y la I+D+i en el sector de la edificación en España.

Partiendo de la experiencia de las investigaciones científicas ya existentes sobre metodologías de mejora de la eficiencia energética y confort térmico de los edificios, se propone aplicar las conclusiones de esas investigaciones previas a muchos más casos de estudio, incentivando la creatividad y capacidad propositiva de los estudiantes para, desde el ámbito académico, explorar las nuevas posibilidades constructivas y arquitectónicas que pueden provocar argumentos vinculados a la eficiencia energética, confort térmico, sostenibilidad y preservación del patrimonio edificado.

En consecuencia y coherencia con el objetivo principal, son también objetivos secundarios el conocimiento y aplicación práctica entre el alumnado de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), y la potenciación de los conocimientos y habilidades relacionadas con los actuales objetivos de industrialización, sostenibilidad y digitalización del sector de la construcción promovidos desde el ámbito público y privado.

3. METODOLOGÍA

La actual metodología docente aplicada en las asignaturas de construcción de los estudios de Arquitectura y Arquitectura Técnica en la Universidad de Alicante se basa en dos aspectos fundamentales. El primero consiste en la adaptación constante de las asignaturas a los nuevos conceptos, métodos de cálculo y estructura documental establecidos por la LOE y el CTE como condición imprescindible para formar a los futuros profesionales con los conocimientos y competencias acordes al renovado marco normativo del sector de la edificación en España. El segundo, desarrollado en los últimos dos años, consiste en la aplicación de la investigación incorporada a la enseñanza universitaria en los propios contenidos y metodologías docentes.

Respecto del primero de los aspectos, el Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Alicante influyó decisivamente en los planes de estudios de los títulos de grado y másteres en los que participa para la adaptación de la estructura y los conocimientos de las materias de contenido tecnológico a este nuevo contexto técnico y legal. A su vez, los objetivos de las asignaturas que imparte el Departamento se focalizaron en que los estudiantes concluyeran su formación preparados para desarrollar proyectos de edificación con la capacidad de aplicar las normas técnicas y constructivas más actuales cumpliendo los mismos estándares normativos y requisitos documentales que se exigen en los proyectos reales visados por el Colegio de Arquitectos y por el Colegio de Arquitectos Técnicos. Asimismo, se incorporó el trabajo en equipo para reproducir el entorno y las condiciones habituales en los estudios de arquitectura actuales, fomentando la adquisición de competencias sociales y profesionales necesarias para el ejercicio laboral. Además, se impulsó el uso práctico de las mismas metodologías y herramientas digitales que emplean los arquitectos y arquitectos técnicos en su práctica profesional.

Respecto del segundo de los aspectos, las asignaturas han incrementado de forma continua el fomento y reconocimiento de los trabajos de los estudiantes que presentan soluciones constructivas innovadoras, metodologías y contenidos documentales originales, así como propuestas técnicas alternativas a la normativa, siempre con la debida argumentación y justificación. Del mismo modo, se ha impulsado progresivamente el análisis comparativo entre distintas soluciones constructivas y el desarrollo de nuevas propuestas técnicas y arquitectónicas adaptadas a las particularidades de cada clima, con el fin de optimizar la eficiencia energética en la edificación.

Todas estas asignaturas abarcan la integración de todos los sistemas constructivos y las instalaciones en un edificio, desde las de los cursos iniciales de los títulos de grado hasta las del máster habilitante de

Arquitectura que suponen el momento culminante en el que se deben materializarse los conocimientos y habilidades que el alumno ha adquirido a lo largo de toda su trayectoria académica. Pero, además, los alumnos deben demostrar sus conocimientos técnicos aplicándolos a casos de estudio y sin desvincularse del resto de aspectos inherentes a las demás áreas de conocimiento que configuran el cuerpo central de los planes de estudios de estas titulaciones, de forma integral y transversal. En definitiva, el alumno debe poder aplicar sus investigaciones e innovaciones técnicas en sus proyectos documentando y justificando con rigor sus propuestas conforme a la normativa técnica actual, abarcando de forma integral todos los aspectos técnicos necesarios —sistema estructural, instalaciones, detalles constructivos, memorias, entre otros— que permitan la definición técnica suficiente para ejecución de una edificación de forma coherente con el resto de los aspectos formales y funcionales de una edificación.

Para ello se plantean sinergias entre docencia e investigación en las etapas más primarias de las carreras de arquitectura y arquitectura técnica, aunando además la participación de la universidad y de empresas privadas del sector de la edificación. Estas sinergias se desarrollan en varias asignaturas del título de Grado en Fundamentos de la Arquitectura, del título de grado en Arquitectura Técnica, del Máster en Arquitectura, del Máster Universitario en Nuevas Tecnologías y Eficiencia Energética en Edificación y del Máster de Patrimonio Virtual y sus cursos de especialización.

La metodología docente desarrollada en las diferentes asignaturas incluye el desarrollo de trabajos de curso (TdC) basados en casos de estudio y en casos reales. Los objetivos y requisitos de los trabajos se adaptan en función del nivel de formación propio del curso dependiendo si corresponde a título de grado o a máster, pero todos estos trabajos tienen en común un elevado nivel de experimentalidad.

3.1 El caso de los estudios de eficiencia energética en edificación en el Grado en Fundamentos de la Arquitectura

Las investigaciones se han centrado exclusivamente en soluciones pasivas, es decir, en aquellas soluciones constructivas y arquitectónicas que permiten mejorar la eficiencia energética y confort de las viviendas sin necesidad de mejorar las instalaciones de climatización. El objetivo era analizar qué aspectos constructivos, espaciales, funcionales y formales de la arquitectura residencial estudiada pueden influir más en la mejora del comportamiento térmico de los edificios, y cuantificar las mejoras en el consumo energético que provocan las diferentes modificaciones propuestas.

El estudio consiste en analizar 36 proyectos reales de edificios de viviendas construidos en diferentes municipios de la geografía española. Se estudian detalladamente las características constructivas y formales de los casos de estudio analizados conforme a los proyectos realmente ejecutados. al emplazamiento y mediante el uso de simulaciones informáticas.

La metodología se divide en tres fases. En primer lugar, se analiza y calcula el comportamiento térmico y energético de los edificios seleccionados con las características constructivas y emplazamientos actuales mediante simulaciones informáticas. En segundo lugar, se proponen diferentes modificaciones constructivas y arquitectónicas de las viviendas estudiadas y se comprueba su comportamiento térmico y energético en climas cálidos y en climas fríos, aplicando el método comparativo para incentivar la capacidad de análisis de los alumnos. En tercer lugar, se analizan comparativamente los resultados para extraer conclusiones que permitan determinar y justificar las soluciones arquitectónicas más adecuadas a cada tipo de clima.

Para los cálculos correspondientes a climas cálidos, se considera el clima de la costa mediterránea española, y más concretamente en el clima mediterráneo seco, denominado BSHs dentro del clima BSh conforme a la clasificación climática del Köppen-Geiger. Se trata de una zona geográfica que abarca varias de las provincias con más actividad edificatoria de España, siendo zonas densamente pobladas y con gran actividad turística. Pero pese a la importancia de la actividad económica y constructiva de esta zona, las características singulares de su clima han sido escasamente tenidas en cuenta por la normativa de eficiencia energética española. Se trata de un clima cálido con una oscilación térmica anual y diaria muy inferior al resto España, y con una elevada insolación, superando las 3000 horas de sol anuales. Estas características, muy diferentes al resto de climas del país, provoca que el comportamiento térmico de las viviendas sea muy diferente a otros lugares, y que soluciones constructivas de rehabilitación energética o de obra nueva que son adecuadas para la mayoría de las ciudades españolas, no sean las óptimas en esta zona. En consecuencia, todo ello hace muy pertinente el estudio de soluciones constructivas y arquitectónicas específicamente adaptadas a este clima.

Los cálculos del comportamiento térmico y eficiencia energética de las viviendas se han realizado mediante simulaciones informáticas con metodología bim utilizando los programas informáticos IFC Builder para la creación de los modelos IFC de los edificios y Cypetherm HE Plus (Figura 1) y DesignBuilder (Figura 2) con motor de cálculo EnergyPlus.

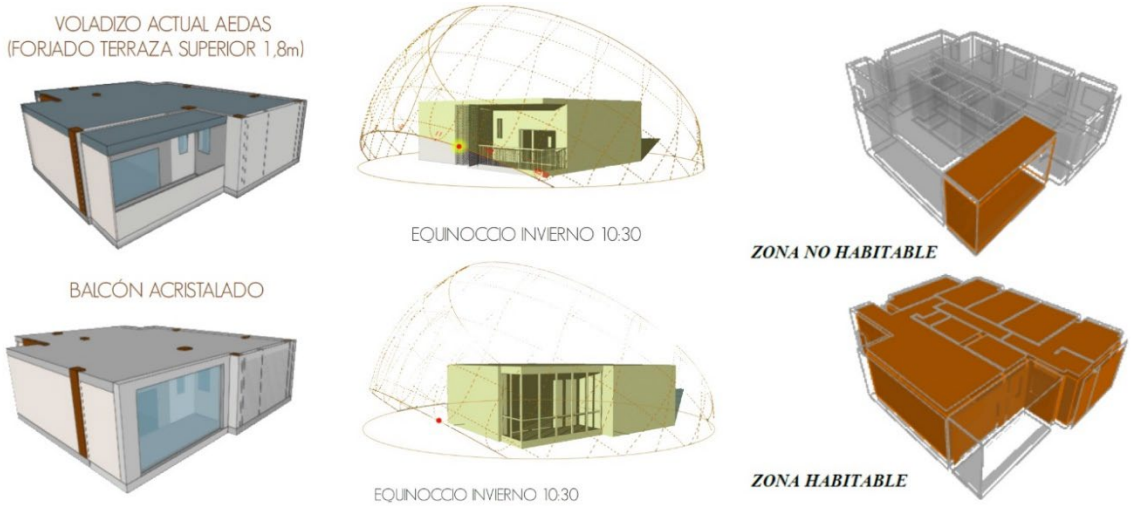


Figura 1. Simulación informática realizada mediante Cypetherm HE Plus.

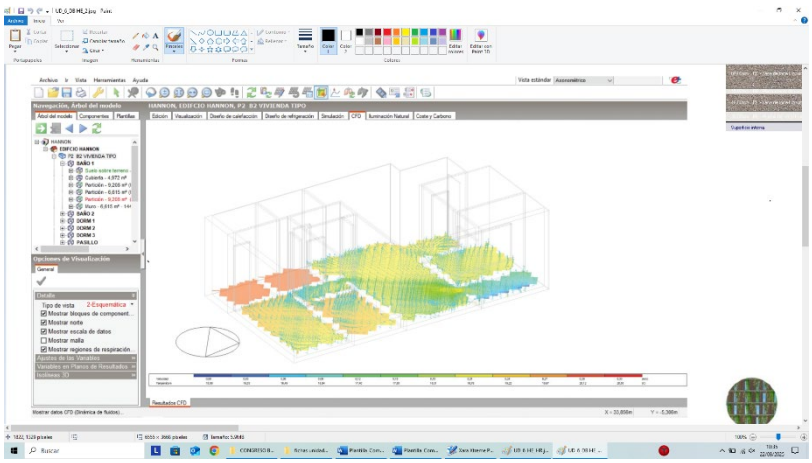


Figura 2. Simulación informática realizada mediante DesignBuilder.

Finalmente, los trabajos son expuestos públicamente en foros de acceso abierto a la sociedad y evaluados por un comité externo formado por arquitectos y especialistas de las empresas participantes en los convenios de colaboración público-privada entre la Universidad de Alicante y empresas del sector de la edificación de ámbito nacional e internacional, como Aedas Homes, C3Systems y Sido Maderas. Los estudiantes autores de los mejores trabajos son galardonados con notables premios económicos y becas de investigación patrocinadas por dichas empresas colaboradoras. En 2024 los trabajos fueron expuestos en la sede del Colegio Territorial de Arquitectos de Alicante, con asistencia de arquitectos, representantes públicos y ciudadanos. En 2025 los trabajos fueron expuestos en la sede de Casa Mediterráneo de Alicante y en la Universidad de Alicante en el 11º International Congres on Architectural Techonology Conference (Figura 3).



Figura 3. Exposición pública en el Colegio de Arquitectos de Alicante el 17 de mayo de 2024 (izquierda) y en el 11º International Congres on Arquitectural Technology Conference los días 15 y 16 de mayo de 2025 en Alicante (derecha).

3.2 El caso de los estudios sobre el patrimonio edificado en el Grado en Fundamentos de la Arquitectura y el Grado de Arquitectura Técnica

Estos casos parten de la colaboración mantenida en la investigación por el grupo GIRA_UA con distintos organismos de referencia (Fundación La Alcudia, Diputación de Alicante, INAPH de la UA, Obispado de Alicante), organismos privados y con la participación en distintos proyectos de investigación. Con esta vinculación se han podido extraer distintas líneas de actuación en el desarrollo de trabajos finales de grado y de tesis doctorales. Además de generar un interés por el alumnado en aplicar sus conocimientos en la realidad y en casos concretos sobre el patrimonio edificado existente en nuestra provincia de Alicante.

Desde las asignaturas de TIPE (Técnicas de Intervención en el Patrimonio Edificado) correspondientes al 5º curso de Fundamentos de Arquitectura y a 3º curso de Arquitectura Técnica, se ha promovido la realización de trabajos de curso (TdC) basados en edificios reales de nuestro patrimonio edificado y en los que el grupo GIRA_UA ha intervenido de alguna forma. Estos TdC, han servido para acercar al estudiantado a observar y conocer el estado de conservación en el que se encuentra nuestro patrimonio (2022 el colegio diocesano Santo Domingo en Orihuela, 2023 el seminario de Orihuela y la ermita de la Salud en Villajoyosa, 2024 la iglesia de Belén en Crevillente, 2025 la finca San Ramón en Elche). Además de promover el interés en la realización de trabajos posteriores de mayor rigor científico como son los TFG y tesis doctorales.

De igual forma a partir de los conocimientos adquiridos en la asignatura de control de calidad en el tercer curso de la titulación de Arquitectura Técnica, se han desarrollado distintos TFG vinculados en la aplicación de la metodología BIM en el control de calidad en la edificación. Y en la línea de investigación del comportamiento del patrimonio edificado frente al riesgo sísmico, vinculado a GIRA_UA, se han desarrollado diferentes TFG en el grado de Arquitectura Técnica.

4. RESULTADOS

4.1 En el ámbito de la construcción y eficiencia energética en la arquitectura

Las modificaciones propuestas en los diferentes proyectos están centradas exclusivamente en soluciones pasivas y abarcan varias soluciones constructivas, espaciales y funcionales: la mejora del aislamiento térmico de las fachadas y acristalamientos de los edificios, la reducción del factor solar de los vidrios y la incorporación de sistemas de protección solar móviles en verano, la modificación de la ratio de acristalamiento de las fachadas en función de la orientación, la adaptación de las terrazas como galerías solares en invierno mediante acristalamientos retráctiles, la incorporación de celosías y de fachadas vegetales con especies naturales caducas según la orientación y las características del edifico, la modificación de la distribución interior de las viviendas para mejorar la ventilación cruzada y hasta la adaptación del programa funcional de los diferentes espacios del edificio en función de las edades y necesidades de los usuarios. Todas estas propuestas tuvieron en cuenta las características constructivas y formales de los proyectos originales analizados para que las nuevas soluciones diseñadas pudieran adaptarse de manera viable y coherente a los edificios estudiados.

Estas modificaciones no sólo suponen mejoras en la reducción del consumo energético de los edificios y la preservación del medio ambiente, sino que también abordan y consiguen la mejora del confort térmico, del confort lumínico y del bienestar general del usuario contemplados en los más recientes estudios sobre neuroarquitectura. Otros trabajos de los realizados abordan el comportamiento térmico de las edificaciones desde su repercusión en la durabilidad y mantenimiento de los materiales, con aplicaciones específicas en la mejora de la preservación de restos arqueológicos.

Los trabajos que han aportado resultados más exitosos han sido las investigaciones multiobjetivo, es decir, aquellas basadas en el cálculo y análisis de múltiples variables técnicas y arquitectónicas. Por ejemplo, la mejora simultánea de los aislamientos térmicos y las protecciones solares fijas, junto con la incorporación de protecciones solares móviles en verano como mallorquinas o celosías móviles y la mejora de la ventilación natural interior de las viviendas, han conseguido reducciones superiores al 70% en la demanda y el consumo energético de las viviendas analizadas (Figura 4).

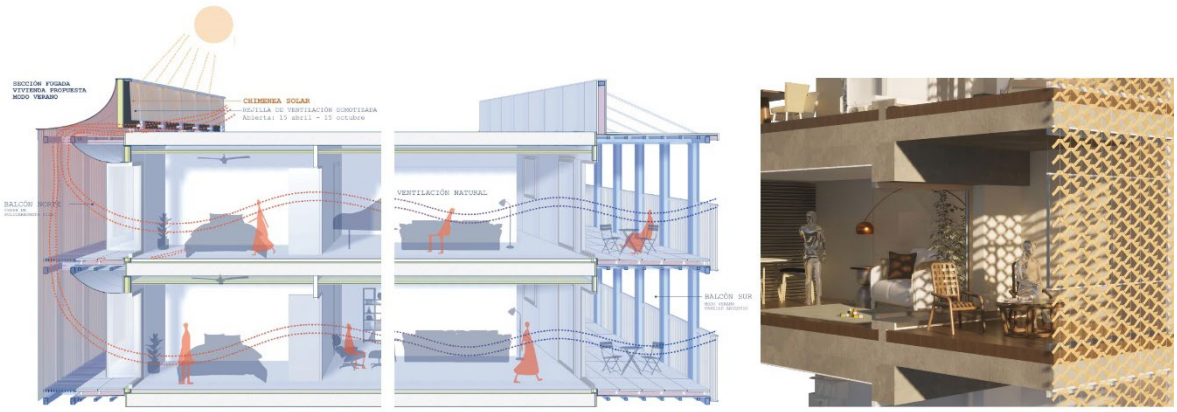


Figura 4. Investigación multiobjetivo para la mejora de eficiencia energética y confort térmico interior mediante el incremento de los aislamientos, las protecciones solares móviles y la ventilación natural cruzada

La adaptación de las terrazas como galerías solares en invierno mediante acristalamientos retráctiles ha obtenido resultados muy positivos, especialmente en climas cálidos y soleados como el mediterráneo español, con reducciones de hasta el 92% de la demanda energética de calefacción. Esto se explica porque la gran insolación anual en estas zonas geográficas, incluido en el invierno, garantiza que las galerías solares capten gratuitamente mucha radiación solar y provoque efecto invernadero en las viviendas que sirve de calefacción gratuita (Figura 5).

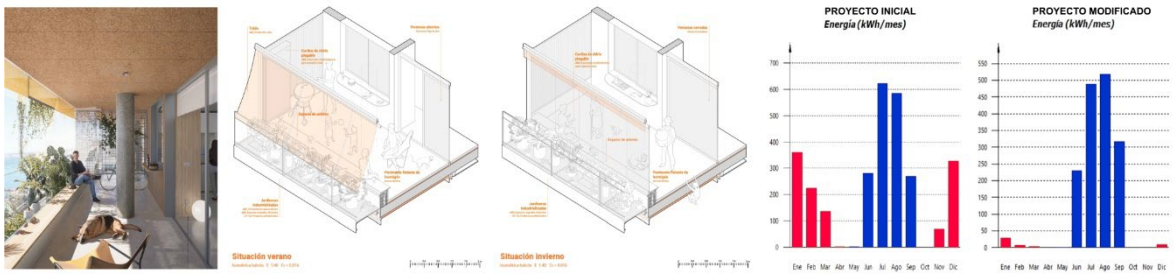


Figura 5. Investigación sobre la mejora de la eficiencia energética mediante la utilización de terrazas con acristalamientos retráctiles como galerías solares

La utilización de fachadas vegetales ha conseguido reducciones en el consumo de refrigeración de hasta el 36%. El estudio detallado de la distribución de las plantas según las orientaciones de las ventanas para arrojar las sombras más adecuadas a cada estancia, y la utilización de especies caducas, permite minimizar la insolación solar en verano, pero mantener las mismas ganancias solares en invierno a través de los acristalamientos. De modo similar, los trabajos que han abordado el estudio de sistemas de protección solar móviles han conseguido notables reducciones en las demandas de refrigeración en verano sin empeorar las demandas de calefacción en invierno gracias a diseños con un detallado estudio de los componentes de ensombrecimiento y sus articulaciones o rodamientos que posibilitan su movimiento en función de las estaciones del año e insolación solar. Los trabajos desarrollados también han permitido demostrar las

interesantes posibilidades de integración arquitectónica que estos tipos de sistemas de protección solar pueden tener en la composición arquitectónicas de las fachadas presentas y futuras (Figura 6).

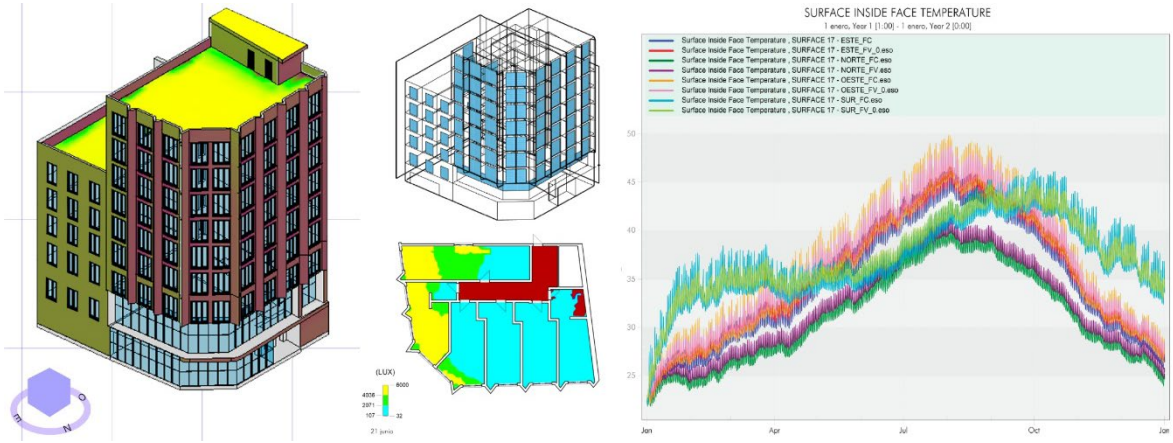


Figura 6. Investigación sobre el uso de fachadas vegetales para la mejora de la eficiencia energética, el confort térmico interior y la iluminación natural interior

La modificación de la distribución interior de las viviendas para mejorar la ventilación cruzada permitió mejorar el confort térmico interior de las viviendas, especialmente en climas con elevada humedad relativa como en las localidades situadas en la franja litoral. Esto es debido a que la mayor velocidad del aire favorece la evapotranspiración del cuerpo humano, y con ello, la sensación de calor corporal. Gracias a ello, se puede garantizar el confort térmico con temperaturas operativas interiores superiores, aumentando las temperaturas de consigna de los sistemas de climatización y reduciendo las horas de funcionamiento de los aparatos, y en consecuencia, disminuyendo el consumo energético en verano. Las propuestas desarrolladas han demostrado la necesidad de adaptar las habituales distribuciones interiores de las viviendas actuales para facilitar el flujo de la corriente de aire entre unas fachadas y otras, con la eliminación de algunos tabiques y la incorporación de estancias multiusos más flexibles que permitan espacios interiores más diáfanos e interconectados.

Por el contrario, las propuestas menos exitosas han sido las que se centran en la modificación de una sola variable. La mejora exclusivamente del aislamiento térmico en fachadas y acristalamientos llega a provocar efectos negativos en el consumo energético anual de los edificios en climas cálidos, reduciendo la demanda energética en invierno, pero aumentando notablemente la demanda energética en verano. Cuando simultáneamente se incorporan también protecciones solares fijas y móviles, la mejora del comportamiento térmico del edificio mejora tanto en invierno como en verano.

Los resultados de algunas de las investigaciones han sido publicados en revistas científicas indexadas en el JCR. También han sido expuestos en congresos internacionales como el 10º y 11º International Congres on Architectural Techonology Conference, celebrados respectivamente en Galway en 2024 y en Alicante en 2025. También fueron expuestos en el Congreso Medcity 2024 perteneciente al The Festival of the New European Bauhaus patrocinado por la Comisión Europea, por al Casa Mediterráneo y por el Colegio Territorial de Arquitectos de Alicante.

4.2 En el ámbito del patrimonio edificado en la arquitectura

A raíz de la estrecha colaboración con la Fundación de La Alcudia se está desarrollando una tesis doctoral con el título *"Sistemas constructivos y materiales empleados en las termas occidentales del yacimiento arqueológico de La Alcudia en Elche"* por la doctoranda María del Rosario Pacheco Mateo, y por la ha percibido una ayuda económica para el fomento de la formación de doctorandos promovida por el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España en su 7ª edición de 2025. Y que será defendida a inicio del próximo año 2026. Sobre este trabajo de investigación ya se ha publicado un artículo científico en la revista VAR de la UPV en 2024 con el título "Estudio de deformaciones y degradaciones mediante el uso de nube de puntos en la natatio de las termas occidentales de La Alcudia en Elche (Alicante)".

También sobre el mismo yacimiento arqueológico se ha realizado un TFG con el título *"Estudio de elementos arqueológicos de las termas occidentales del yacimiento de La Alcudia. Propuesta de restauración*

preventivas y evaluación de tratamientos de conservación" por el alumno Pablo Otero Puig y dirigido por la profesora Dra. Yolanda Spairani de la que es participante en el proyecto RESCU*h*E "*Mejora de la resiliencia estructural del Patrimonio Cultural ante eventos hidrometereológicos direccionales extremos en el marco del cambio climático",* (proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MCIN/AEI/10.130397501100011033/)-Convocatoria I+D+i Retos Investigación).

Actualmente, el convenio reciente firmado entre nuestro departamento con la empresa SIDO MADERA contribuirá a un mayor emprendimiento de estas actividades de motivación, desarrollo e investigación por parte de nuestro alumnado y su interés en el ámbito del conocimiento, conservación e intervención sobre nuestro patrimonio edificado.

4.3 Discusión

Las nuevas estrategias de aprendizaje desarrolladas en la Universidad de Alicante han demostrado las profundas implicaciones que pueden tener la correcta adaptación al clima del lugar y la aplicación de los objetivos de defensa del medioambiente en la concepción arquitectónica de los edificios, y su influencia en el confort interior de las viviendas, en la mejora de la calidad de vida de las personas desde la neuroarquitectura, y en la mejora del mantenimiento de los materiales y de los criterios de preservación del patrimonio edificado.

La metodología empleada en las nuevas estrategias de aprendizaje desarrolladas ha demostrado la mayor implicación del alumnado al abordar el desarrollo de trabajos vinculados con casos prácticos reales e investigaciones científicas aplicadas. También ha potenciado la capacidad de adquisición de conocimientos y habilidades en ámbitos técnicos y científicos muy novedosos respecto a los contenidos formativos de los actuales planes de estudio.

El análisis de los resultados obtenidos para clima mediterráneo seco ha permitido constatar que modificar simultáneamente diferentes variables técnicas y arquitectónicas, mejorando el aislamiento, pero también mejorando las protecciones solares móviles y potenciando la ventilación natural, es mucho más fructífero que intervenciones o rehabilitaciones energéticas basadas en un solo sistema constructivo. Esto se explica por la menor oscilación térmica anual de este clima respecto a otras zonas geográficas, con temperaturas suaves en invierno y no excesivamente calurosas en verano, y la elevada radiación solar anual. Ese elevado soleamiento permite calentar gratuitamente las casas en invierno gracias al efecto invernadero provocado por la radiación solar que penetra a través de los acristalamientos. A su vez, al no tener excesivas temperaturas máximas estivales, se puede disipar el calor en verano mediante ventilación natural reduciendo también la humedad relativa. Estos resultados cuestionan la verdadera eficacia u optimización de la mayoría de las rehabilitaciones energéticas realizadas en los últimos años en las zonas costeras del mediterráneo español basadas principalmente en la incorporación de SATE en las fachadas. Esto es porque el incremento del aislamiento de las fachadas, si no va acompañado de la mejora de las protecciones solares y de la ventilación de las viviendas, reduce el gasto de calefacción en invierno, pero aumenta más el consumo de refrigeración en verano al dificultar la disipación térmica e incrementar el efecto invernadero.

Los resultados también han permitido demostrar la eficacia en la mejora del comportamiento térmico de los edificios de recuperar y readaptar soluciones arquitectónicas y constructivas tradicionales mediante los materiales y los sistemas constructivos actuales más avanzados. En el caso de la zona geográfica mediterránea analizada, la utilización de elementos arquitectónicos vernáculos como las pérgolas, las celosías o los patios interiores, reducen las ganancias solares en verano y favorecen la ventilación cruzada mitigando el calor y reduciendo el consumo de refrigeración. En esa misma línea, la utilización de fachadas vegetales no sólo incorpora elementos naturales que contribuyen a la mejora de los aspectos planteados actualmente desde la neuroarquitectura, sino que contribuye a tamizar la luz solar y controlar la radicación solar en función de la época del año. Por su parte, la utilización de las terrazas como galerías solares mediante acristalamientos retráctiles en invierno potencia el efecto invernadero reduciendo notablemente el consumo de calefacción. Los actuales sistemas de acristalamientos retráctiles amplifican al máximo la radiación solar invernal a través de sus vidrios al reducir el tamaño de las perfilerías, pero amplifica al máximo la ventilación natural de la vivienda al posibilitar el máximo repliegue de sus hojas.

En definitiva, los resultados demuestran que, aquellas soluciones arquitectónicas que mejoran el confort térmico interior con soluciones pasivas también son las que más contribuyen a la eficiencia energética de los edificios. Esto corrobora que una arquitectura pensada desde el bienestar y calidad de vida de los usuarios

de forma coherente con los principios de la neuroarquitectura, donde las personas son el centro y el eje vertebrador del diseño arquitectónico, adapta mejor los planteamientos formales y constructivos al clima del lugar y a las necesidades funcionales de sus ocupantes, y optimiza los recursos materiales y energéticos adaptando soluciones tradicionales a la realidad actual.

Las nuevas estrategias docentes explicadas en este trabajo han permitido incorporar de manera práctica y aplicada los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) entre los argumentos y principios sobre los que articular los conocimientos y habilidades de los alumnos y futuros profesionales. Con ello, han visibilizado y evidenciado la importancia de las profesiones técnicas en la actualidad y su necesaria readaptación para la consecución de estos objetivos sociales, económicos y medioambientales que tanto influyen y van a influir en las normativas y objetivos estratégicos de nuestro país, de Europa y del mundo entero en las próximas décadas. En consecuencia, estas estrategias de aprendizaje han contribuido a la concienciación de los futuros proyectistas en nuevos aspectos técnicos y arquitectónicos poco contemplados en los actuales planes de estudio y carentes en la inmensa mayoría de edificios actuales.

Por otra parte, las nuevas estrategias docentes aplicadas han mostrado limitaciones en la insuficiente validación de las simulaciones informáticas mediante mediciones in situ reales ante la dificultad de tomar medidas en viviendas ocupadas. Con el fin de superar estas limitaciones, el objetivo para los próximos cursos académicos es complementar los cálculos de ordenador con la realización de prototipos reales a escala y de campañas de toma de datos reales. También han demostrado las notables capacidades de las nuevas generaciones en el manejo y dominio de nuevas herramientas informáticas aplicadas a ámbitos desconocidos por ellos hasta ahora, pero han evidenciado la enorme utilidad y necesidad de la tutela por parte del profesorado para garantizar el adecuado análisis de los resultados obtenidos para la correcta consecución de las propuestas arquitectónicas finales.

5. CONCLUSIONES

1. La vinculación de la actividad docente con la actividad productiva científica ha provocado mayor motivación e implicación del alumnado al desarrollar trabajos sobre casos prácticos reales e investigaciones científicas aplicadas, además de generar vínculos con entidades públicas y privadas para desarrollar propuestas reales en el ámbito de la construcción y la arquitectura.

2. Los resultados demuestran la eficacia de utilizar soluciones constructivas actuales, como fachadas vegetales y “cortinas de cristal”, y de recuperar y readaptar soluciones arquitectónicas y constructivas tradicionales vernáculas para mejorar la eficiencia energética y el confort térmico de las viviendas.

3. El análisis de los resultados demuestra que, aquellas soluciones arquitectónicas que mejoran el confort térmico interior con soluciones pasivas son las que más contribuyen a la eficiencia energética de los edificios.

4. Las estrategias de aprendizaje desarrolladas han demostrado la capacidad de las nuevas generaciones en el dominio de nuevas herramientas informáticas aplicadas a ámbitos técnicos y científicos específicos, pero evidencian la necesidad de una tutela personalizada para el adecuado análisis de los resultados.

5. Las nuevas estrategias de aprendizaje que utilizan la investigación incorporada a la enseñanza universitaria como método docente han permitido aplicar de forma práctica los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), evidenciando la necesaria readaptación de las profesiones técnicas y concienciando a los futuros arquitectos y arquitectos técnicos en los nuevos aspectos técnicos a considerar para dichos objetivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almagro-Lidón, M., Pérez-Carramiñana, C., Galiano-Garrigós, A., Emmitt, S. (2024). Thermal comfort in school children: Testing the validity of the Fanger method for a Mediterranean climate. *Building and Environment*, 253, 111305. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111305

González-Avilés, Á.B., Pérez-Carramiñana, C., Galiano-Garrigós, A., Ibarra-Coves, F. y Lozano-Romero, C. (2022). Analysis of the Energy Efficiency of Le Corbusier’s Dwellings: The Cité Frugès, an Opportunity to Reuse Garden Cities Designed for Healthy and Working Life. *Sustainability*, 14, 4537. https://doi.org/10.3390/su14084537

Huesca-Tortosa, J. A., Pacheco-Mateo, M. del R., Tendero-Porras, M., Torregrosa-Fuentes, D., & Spairani-Berrio, Y. (2024). Deformation and degradation study using point clouds in natatio of the Western Baths at La Alcudia in Elche (Alicante). *Virtual Archaeology Review*, 15(30), 35–55. https://doi.org/10.4995/var.2024.20417

Lozoya-Peral, A., Pérez-Carramiñana, C., Galiano-Garrigós, A., González-Avilés, Á.B. y Emmitt, S. (2023). Exploring Energy Retrofitting Strategies and Their Effect on Comfort in a Vernacular Building in a Dry Mediterranean Climate. *Buildings*, 13, 1381. https://doi.org/10.3390/buildings13061381

Otero Puig, P. (2024). Estudio de elementos arqueológicos de las termas occidentales del yacimiento de La Alcudia. Propuesta de restauración preventivas y evaluación de tratamientos de conservación. TFG de Fundamentos de Arquitectura en la Universidad de Alicante, dirigido por la profesora Dra. Yolanda Spairani Berrio. Universidad de Alicante

Pérez-Carramiñana, C., Maciá-Mateu, A., Sirvent-García, G. y Lledó-Llorca, I. (2022a). Study of Natural Ventilation and Solar Control Strategies to Improve Energy Efficiency and Environmental Quality in Glazed Heated Swimming Pools in a Dry Mediterranean Climate. *Sustainability*, 14, 8243. https://doi.org/10.3390/su14148243

Pérez-Carramiñana, C., González-Avilés, Á.B., Galiano-Garrigós, A. y Lozoya-Peral, A. (2022b). Optimization of Architectural Thermal Envelope Parameters in Modern Single-Family House Typologies in Southeastern Spain to Improve Energy Efficiency in a Dry Mediterranean Climate. *Sustainability*, 14, 3910. https://doi.org/10.3390/su14073910

Pérez-Carramiñana, C., Sabatell-Canales, S., González-Avilés, Á.B. y Galiano-Garrigós, A. (2023a). Use of "Glass Curtain" Systems to Improve the Energy Efficiency and Thermal Comfort of Dwellings in a Warm Semi-Arid Mediterranean Climate. *Appl. Sci*., 13, 13082. https://doi.org/10.3390/app132413082

Pérez-Carramiñana, C., Sabatell-Canales, S., González-Avilés, Á.B., Galiano-Garrigós, A. (2023b). Influence of Spanish Energy-Saving Standard on Thermal Comfort and Energy Efficiency Owing to the War in Ukraine: Case Study of an Office Building in a Dry Mediterranean Climate. *Buildings*, 13, 2102. https://doi.org/10.3390/buildings13082102

Perez-Carraminana, C., de la Morena-Marques, A., Gonzalez-Aviles, A.B., Castilla, N., Galiano-Garrigos, A. (2024). Influence of Balcony Thermal Bridges on Energy Efficiency of Dwellings in a Warm Semi-Arid Dry Mediterranean Climate. *Buildings*, 14, 703. https://doi.org/10.3390/buildings14030703

Sabatell-Canales, S., Pérez-Carramiñana, C., González-Avilés, Á.B. y Galiano-Garrigós, A. (2023). Influence of Balcony Glazing on Energy Efficiency and Thermal Comfort of Dwellings in a Dry Mediterranean Climate within a Warm Semi-Arid Climate. *Buildings*, 13, 1741, https://doi.org/10.3390/buildings13071741

APRENDIZAJE ACTIVO Y COLABORACIÓN EDUCATIVA EN LA FORMACIÓN CIENTÍFICA TEMPRANA: RESULTADOS DE UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREUNIVERSITARIA

ACTIVE LEARNING AND EDUCATIONAL COLLABORATION IN EARLY SCIENCE EDUCATION: RESULTS FROM A PRE-UNIVERSITY RESEARCH PROJECT

Raquel Arroyo[1*], Álvaro Urbaneja[1], Lourdes Alameda-Cuenca-Romero[1], Verónica Calderón[1], Sara Gutiérrez-González [1], Sara Serna-Avendaño[1], Alba Rodrigo-Bravo[1], Ángel Rodríguez-Sáiz[1], Isabel Santamaría-Vicario[1]

[1] Departamento de Construcciones Arquitectónicas e Ingeniería de la Construcción y del Terreno, Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos, c/Villadiego s/n, 09001 Burgos

[*]correo electrónico: rasanz@ubu.es

RESUMEN

La creciente necesidad de desarrollar vocaciones científicas y técnicas y de promover una educación más activa y centrada en los retos contemporáneos ha propiciado la aparición de nuevas formas de colaboración entre las universidades y el sistema educativo preuniversitario. En este contexto, el Bachillerato de Investigación/Excelencia se presenta como una alternativa al bachillerato convencional, cuyo objetivo es desarrollar el pensamiento crítico, el aprendizaje autónomo y la aplicación del método científico entre el alumnado. Uno de los elementos más innovadores de este modelo es la vinculación directa con el entorno universitario, donde el estudiantado participa en proyectos reales de investigación tutelados por profesorado universitario.

Este trabajo presenta una experiencia docente innovadora impulsada desde el grado en Arquitectura Técnica. El proyecto titulado "Hacia una construcción sostenible con grafeno, el material del futuro" ha ofrecido al alumnado de bachillerato la oportunidad de llevar a cabo una investigación real en un entorno universitario, bajo la supervisión de profesores e investigadores del Departamento de Construcciones Arquitectónicas e I.C.T. de la Universidad de Burgos. La colaboración ha favorecido la implementación de metodologías activas de enseñanza-aprendizaje, el trabajo interdisciplinar y la educación en sostenibilidad, alineándose con los principios de la Declaración de Bolonia. La experiencia incluyó talleres prácticos en laboratorios y aulas universitarias, trabajo colaborativo centrado en el estudio del grafeno como material innovador en edificación sostenible, la elaboración de una memoria de investigación y su presentación pública. Mediante una metodología mixta, se realizó una encuesta estructurada con ítems tipo Likert y preguntas abiertas para valorar la percepción de los participantes. Los resultados muestran un alto grado de implicación y satisfacción del alumnado, destacando la efectividad de este tipo de proyectos en la promoción del aprendizaje activo, el desarrollo de competencias clave y la preparación para futuros retos académicos y profesionales.

Palabras clave: *Aprendizaje activo, metodología de investigación, innovación educativa, colaboración universidad-escuela.*

ABSTRACT

The growing need to develop scientific and technical vocations and to promote a more active education focused on contemporary challenges has led to the emergence of new forms of collaboration between universities and the pre-university education system. Within this context, the Research/Excellence Baccalaureate provides an enriched alternative to conventional secondary education, aiming to develop

students' critical thinking, autonomous learning, and application of the scientific method. A key innovation of this model is the direct involvement of university faculty who guide students in real research projects.

This work presents an innovative teaching experience promoted by the Degree in Technical Architecture. The project entitled 'Towards sustainable construction with graphene, the material of the future' has offered high school students the opportunity to carry out real research in a university environment, under the supervision of professors and researchers from the Department of Architectural Constructions and Construction and Territory Engineering of the University of Burgos. The collaboration fostered active learning, participatory research methodology, and education in sustainability, fully aligned with the principles of the Bologna Declaration. The experience included practical workshops in laboratories and university classrooms, collaborative work focused on the study of graphene as an innovative material in sustainable construction, the development of a research report and its public presentation. Using a mixed methodology, a structured Likert-type questionnaire and open-ended questions were used to evaluate the perception of the participants. The results show a high degree of student involvement and satisfaction, highlighting the effectiveness of this type of project in promoting active learning, the development of key skills and preparation for future academic and professional challenges.

Keywords: *Active learning, research methodology, educational innovation, university-school collaboration.*

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la educación en sostenibilidad y la investigación participativa han cobrado un creciente protagonismo en el ámbito de las ciencias aplicadas, impulsando transformaciones tanto metodológicas como curriculares. Esta tendencia responde a una necesidad urgente de formar profesionales capaces de afrontar los desafíos ambientales y tecnológicos del presente, a través de enfoques activos e interdisciplinares que promuevan la reflexión crítica y el aprendizaje experiencial. En este contexto, los docentes del Grado en Arquitectura Técnica han comenzado a incorporar iniciativas pedagógicas que vinculan a estudiantes de bachillerato con el entorno universitario, generando sinergias formativas de alto valor añadido.

Una de estas iniciativas es el proyecto "Hacia una construcción sostenible con grafeno, el material del futuro", desarrollado en el marco del Bachillerato de Investigación/Excelencia durante los cursos 2023-2024 y 2024–2025. Esta modalidad educativa, orientada a alumnado con vocación investigadora, permite integrar la educación escolar y universitaria a través de proyectos colaborativos que fomentan tanto la continuidad formativa como la adquisición temprana de competencias científicas. En consonancia con los principios de la Declaración de Bolonia, este enfoque transforma al estudiante en sujeto activo del proceso de aprendizaje, facilitando la apropiación del conocimiento y el desarrollo del pensamiento crítico.

El proyecto se articula en torno al grafeno como hilo conductor interdisciplinar, explorando sus potenciales aplicaciones en la edificación sostenible. A través de talleres universitarios, trabajo en equipo y producción de una memoria investigadora, se abordan retos reales del sector de la construcción, introduciendo a los estudiantes en una dinámica próxima a la investigación aplicada. Esta estrategia pedagógica se enmarca en el paradigma de la Participatory Research / Action Research, en el cual los estudiantes no solo reciben información, sino que construyen conocimiento conjuntamente con los docentes, implicándose activamente en el diseño, ejecución y evaluación del proceso formativo (Kemmis & McTaggart, 2005).

Este tipo de enfoques ha demostrado beneficios en diversos contextos educativos internacionales. Por ejemplo, en Finlandia, el curso "Global Challenges" integró a estudiantes de secundaria y universidad en un proyecto común orientado a la sostenibilidad global. Los participantes valoraron positivamente la conexión entre el currículo académico y los problemas reales, percibiendo mayor relevancia y aplicabilidad en su formación (Asikainen & Tapani, 2021). En Filipinas, una experiencia de co-diseño de materiales educativos sostenibles con participación estudiantil mostró cómo los alumnos, al implicarse en la elaboración y evaluación de contenidos, mejoraban sus competencias metacognitivas y su comprensión crítica del entorno (Quimat & Picardal, 2024).

En el ámbito específico de la arquitectura y la ingeniería, múltiples estudios subrayan la eficacia de metodologías basadas en el aprendizaje por proyectos, particularmente en temáticas como el reciclaje, la

eficiencia energética o la construcción ecológica. Estas estrategias no solo aumentan la motivación y la creatividad, sino que fortalecen habilidades clave como el trabajo colaborativo, la resolución de problemas y la transferencia de conocimiento (Thomas, 2000). Asimismo, la incorporación de modelos educativos interdisciplinares y la participación de actores reales del entorno han demostrado ser efectivos para impulsar procesos formativos orientados a la acción climática y la transformación social (Evans & Karvonen, 2014).

En este marco, el presente estudio analiza una experiencia piloto de colaboración entre estudiantes de bachillerato y tutores universitarios en el ámbito de la Arquitectura Técnica, con el objetivo de evaluar su potencial como modelo replicable de formación orientada a la sostenibilidad y a la innovación de materiales, así como su contribución al desarrollo de competencias científicas tempranas.

2. OBJETIVO

El objetivo principal de esta investigación es analizar el impacto formativo de una experiencia educativa interdisciplinar en el ámbito de la Arquitectura Técnica, dirigida a estudiantes de bachillerato vinculados al programa Bachillerato de Investigación/Excelencia y tutores universitarios.

Con tal propósito, se plantea en un principio, caracterizar el perfil de los participantes involucrados en la experiencia docente, focalizando tanto en los estudiantes preuniversitarios seleccionados por su alto rendimiento académico, como en los tutores universitarios pertenecientes al ámbito de la arquitectura técnica, concretamente del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Burgos. Posteriormente se trata de describir y analizar el conjunto de actividades desarrolladas durante la experiencia formativa, que incluyen la realización de talleres prácticos en laboratorios especializados y aulas universitarias, con el objetivo de introducir al alumnado en metodologías y entornos propios de la enseñanza superior en Arquitectura Técnica, la ejecución de un trabajo colaborativo en equipos interdisciplinares, centrado en la exploración del potencial del grafeno como material innovador en soluciones de edificación sostenible, así como la elaboración de una memoria investigadora, en la que se documentan los resultados del trabajo realizado, y su presentación pública, fomentando así competencias comunicativas, críticas y científicas entre los participantes.

Finalmente, se trata de evaluar la experiencia docente mediante una encuesta estructurada administrada al finalizar la intervención, diseñada con escala Likert (1–5) para recoger la percepción de los estudiantes respecto a su nivel de satisfacción global y el grado en que se han superado sus expectativas iniciales, la utilidad pedagógica atribuida tanto a la elaboración de la memoria como a la presentación oral de los resultados, así como la calidad del material didáctico proporcionado, y la claridad y eficacia en su explicación por parte del equipo docente.

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño del estudio

El presente estudio se enmarca en una investigación cuyo objetivo principal es evaluar la percepción del alumnado de bachillerato participante en el proyecto “Hacia una construcción sostenible con grafeno, el material del futuro”, desarrollado en el contexto del Bachillerato de Investigación y Excelencia durante los cursos académicos 2023–2024 y 2024-2025.

El diseño metodológico contempla la aplicación de una encuesta estructurada, combinando ítems de escala Likert (análisis cuantitativo) y preguntas abiertas (análisis cualitativo), lo cual permite no solo medir niveles de satisfacción y utilidad percibida, sino también identificar opiniones, sugerencias y valoraciones más matizadas del proceso formativo.

3.2 Desarrollo del instrumento

La herramienta principal de recolección de datos fue una encuesta diseñada especialmente para este estudio. El cuestionario se estructuró en cinco bloques temáticos:

-Bloque I. Satisfacción general: Incluye ítems relacionados con la percepción global de la experiencia formativa y el cumplimiento de expectativas.

-Bloque II. Utilidad formativa: Evalúa la percepción del alumnado sobre el valor de la memoria investigadora y la presentación oral como herramientas de aprendizaje.

-Bloque III. Materiales didácticos: Valora el uso, utilidad, calidad y explicación de los materiales empleados durante la formación.

-Bloque IV. Evaluación docente por sesión: Analiza la preparación, claridad, motivación, interacción y respuesta del profesorado en cada una de las cinco sesiones desarrolladas: Presentación y búsqueda bibliográfica, conceptos generales, fabricación de probetas y ensayos en estado fresco, ensayos en estado endurecido y tutorización y resolución de dudas.

-Bloque V. Recomendación de la formación y comentarios libres: Se incluye un último apartado sobre preguntas abiertas acerca de la probabilidad de recomendar el curso, los aspectos más valorados y menos valorados de la formación, y sugerencias de mejora para futuras ediciones.

La mayoría de los ítems cerrados se evaluaron mediante una escala de Likert de 5 puntos, donde 1 = Nada de acuerdo y 5 = Totalmente de acuerdo. Esta escala es ampliamente utilizada por su fiabilidad para medir actitudes y percepciones en el ámbito educativo (Boone & Boone, 2012).

3.3 Validación del cuestionario

La validez de contenido del cuestionario fue asegurada mediante una revisión por juicio de expertos, que incluyó a tres docentes universitarios del área de Arquitectura Técnica con experiencia en innovación docente, y dos profesores de bachillerato vinculados a programas de investigación. Esta revisión permitió ajustar el lenguaje de los ítems, así como asegurar su claridad y pertinencia. Además, se realizó una prueba piloto con un pequeño grupo de estudiantes no participantes en el proyecto, con características similares, para verificar la comprensión de los ítems y la duración de la encuesta.

3.4 Población y muestra

La población del estudio estuvo compuesta por estudiantes de segundo de bachillerato pertenecientes al programa del Bachillerato de Investigación y Excelencia, matriculados en centros de la ciudad de Burgos y participantes activos en el proyecto. La muestra corresponde al total del alumnado participante, por lo que se trata de un muestreo no probabilístico intencional de tipo censal.

3.5 Procedimiento de aplicación

La encuesta fue aplicada al finalizar la última sesión del proyecto, en formato digital y de forma anónima, garantizando el carácter voluntario y confidencial de la participación. La recolección se realizó a través de un formulario en línea accesible desde dispositivos móviles o equipos informáticos, con una duración media de respuesta de entre 10 y 15 minutos.

3.6 Análisis de datos y consideraciones éticas

Se utilizó estadística descriptiva para realizar un análisis cuantitativo y calcular frecuencias absolutas y relativas, medias aritméticas y desviaciones estándar de cada ítem de escala Likert. Este análisis permitió identificar patrones generales de satisfacción, utilidad percibida y evaluación del profesorado. Las respuestas a las preguntas abiertas se analizaron mediante análisis de contenido temático, categorizando los comentarios según temas emergentes (fortalezas percibidas, aspectos a mejorar, propuestas futuras). Este análisis permitió enriquecer los datos cuantitativos con apreciaciones personales y narrativas más detalladas.

El estudio cumplió con los principios éticos de la investigación educativa. Se obtuvo el consentimiento informado del alumnado y sus familias a través de los coordinadores del programa del Bachillerato de Investigación y Excelencia. Los datos fueron tratados de forma anónima y exclusivamente para fines científicos y de mejora pedagógica.

4. RESULTADOS

4.1 Resultados generales

Los resultados obtenidos en ambas ediciones, tanto en los años 2023–2024 como en 2024–2025, el curso recibió una valoración altamente positiva por parte del alumnado. La totalidad del alumnado (el 100%) indicó que el curso cumplió sus expectativas.

En 2023–2024, la satisfacción general con los conocimientos adquiridos fue de 4.83/5, mientras que en 2024–2025 se situó en una media de 4.5/5. La utilidad de la redacción de la memoria y la presentación oral fue valorada con 4.83/5 en 2023–2024, y 4.25/5 en 2024–2025. Estos resultados sugieren una percepción constante de calidad, aunque con una ligera variabilidad interanual atribuible posiblemente a factores contextuales, como la coincidencia con semanas de exámenes señalada por los propios alumnos en 2025.

4.2 Valoración del material docente

Los resultados obtenidos en las ediciones 2023–2024 y 2024–2025 muestran que el material docente utilizado en el curso fue percibido como **adecuado, bien elaborado y pedagógicamente eficaz** en ambos periodos. Los datos muestran una ligera mejora en todas las valoraciones durante el curso 2024–2025 respecto al año anterior. Esto sugiere no solo una consolidación del enfoque pedagógico, sino también un posible ajuste o perfeccionamiento de los materiales y su presentación, fruto de la experiencia acumulada en ediciones anteriores.

Tabla 1. Resultados obtenidos en el cuestionario sobre el material docente proporcionado.

Preguntas realizadas	2023–2024	2024–2025
He utilizado los materiales proporcionados	4.33 / 5	4.5 / 5
El material docente ha sido útil	4.67 / 5	4.75 / 5
El material docente estaba bien preparado	4.5 / 5	5 / 5
El material docente ha sido explicado cuidadosamente	4.83 / 5	5 / 5

La utilización de los materiales aumentó de 4.33 a 4.5 sobre 5, lo que podría indicar una mejora en la integración de los recursos en la dinámica del curso o una mayor claridad en sus instrucciones de uso.

La percepción de que el material fue útil para el aprendizaje se incrementó ligeramente (de 4.67 a 4.75 sobre 5), lo que sugiere que los estudiantes encontraron una aplicación directa y relevante de los contenidos propuestos. La preparación del material alcanzó la puntuación máxima (5 sobre 5) en 2024–2025, mejorando respecto a 2023–2024 (4.5 sobre 5). Esto podría reflejar mejoras concretas en la organización, presentación visual o accesibilidad del material didáctico.

Finalmente, el hecho de que la explicación del material haya pasado de 4.83 a 5 indica que la comunicación docente fue percibida como clara, minuciosa y completa, posiblemente gracias a una mayor experiencia por parte del profesorado o a una mejor adaptación a las necesidades del alumnado.

En resumen, estos resultados reflejan una consistencia y mejora progresiva en la percepción de la calidad del material docente a lo largo del tiempo. El alumnado reconoce tanto el valor formativo de los recursos proporcionados como la eficacia con la que estos fueron presentados y explicados. Esto refuerza la idea de que el curso mantiene altos estándares de calidad pedagógica y sigue una línea de mejora continua en sus materiales y su metodología didáctica.

4.3 Evaluación de las sesiones por parte del profesorado

En lo que respecta a la valoración del profesorado, éste fue desglosado por sesiones, evaluando aspectos como preparación, claridad, participación, interés y resolución de dudas. En 2023–2024, las sesiones mejor valoradas fueron la 3 y 4 (parte experimental), con medias globales de 4.92 sobre 5. En 2024–2025, las puntuaciones por sesión también fueron elevadas, oscilando entre 4 y 5 sobre 5 en todos los ítems, con especial reconocimiento en lo que respecta a la claridad en la explicación de las tareas, mantenimiento del interés durante las sesiones y sobre la participación e implicación del alumnado. En particular, la sesión nº 5 sobre tutorización y resolución de dudas, mantuvo una excelente valoración en ambas ediciones, destacando la accesibilidad del profesorado (5 sobre 5 en ambos cursos) y la resolución clara de dudas (≥4.8 sobre 5).

4.4 Recomendación y evaluación global

Se preguntó también a los alumnos sobre la posibilidad de recomendar el curso, con resultados de alta satisfacción en general, con una valoración media de 4.3 sobre 5 tanto en 2023–2024 como en 2024–2025, lo cual respalda la continuidad del programa en futuras ediciones.

4.5 Análisis cualitativo de comentarios abiertos

En cuanto a los comentarios de los alumnos, los aspectos más valorados fueron el trabajo experimental en laboratorio, la oportunidad de aplicar el método científico, la interacción con el entorno universitario, así como la claridad y cercanía del profesorado.

Durante el curso 2023-2024, se valoró especialmente el trabajo en equipo y acompañamiento docente, destacando el esfuerzo conjunto entre compañeros y la ayuda constante por parte de las tutoras, que permitió sacar adelante el proyecto con éxito. Los alumnos apreciaron la organización del curso y la ausencia de tiempos muertos, y tanto el acceso a los materiales como la planificación fueron percibidos como adecuados. Respecto a la parte experimental, las actividades prácticas, como la fabricación de morteros y los ensayos en laboratorio, fueron los elementos más valorados. Se destacó el uso de maquinaria especializada como una experiencia única. Respecto a la implicación del profesorado, hubo reconocimiento hacia la disponibilidad, implicación y cercanía de las profesoras. En lo que concierne a la redacción de la memoria, se valoró positivamente la oportunidad de redactar y presentar un trabajo de investigación.

En el siguiente año 2024-2025, los alumnos destacaron la experiencia tan enriquecedora que supone el contacto con la investigación, ya que el curso permitió que pudieran comprender cómo se plantea, desarrolla y presenta un proyecto de investigación, lo que fue muy valorado. Al igual que el año anterior, los ensayos en laboratorio fueron lo que más gustó, aunque se pidió que se realizaran más sesiones prácticas. Se valoró mucho la explicación clara y detallada del profesorado, especialmente su disponibilidad por correo electrónico. En general, los alumnos describieron la formación como muy interesante y divertida.

Como sugerencias y mejoras para próximos cursos, algunos alumnos sugirieron aumentar la carga práctica del curso, o la opción de tratar de implementar el programa en 1º de Bachillerato, debido a la sobrecarga académica que tienen en 2º de Bachillerato, y al solapamiento con exámenes en el instituto, que fue percibida como un obstáculo importante para el correcto desarrollo del proyecto.

En general, en ambos cursos, los estudiantes valoran especialmente las actividades experimentales, la organización del programa y el compromiso del profesorado. Las sugerencias giran en torno a aumentar la parte práctica y optimizar la planificación para evitar solapamientos con otras obligaciones académicas. En conjunto, los comentarios reflejan una alta satisfacción y un interés genuino por la investigación científica.

5. CONCLUSIONES

La experiencia presentada demuestra que la colaboración entre la universidad y la educación preuniversitaria, a través del Bachillerato de Investigación/Excelencia (BIE), constituye una herramienta eficaz para fomentar vocaciones científico-técnicas y reforzar el aprendizaje activo en el alumnado de secundaria. El proyecto “Hacia una construcción sostenible con grafeno” ha ofrecido un entorno real de investigación que ha permitido al estudiantado experimentar de forma directa con el método científico, participar en dinámicas colaborativas y adquirir competencias clave como la autonomía, el pensamiento crítico y la sostenibilidad.

Los resultados cuantitativos obtenidos en las ediciones 2023–2024 y 2024–2025 reflejan una valoración muy positiva en términos de satisfacción global, utilidad percibida y calidad de la formación. Se ha registrado un alto nivel de acuerdo respecto a la claridad en la explicación de los contenidos, la preparación del profesorado y la adecuación del material docente. Además, se han observado mejoras entre ambos cursos, lo que evidencia una evolución favorable en la implementación del programa.

En cuanto a los resultados cualitativos, el análisis de los comentarios del alumnado pone de manifiesto que las actividades prácticas en laboratorio y el acompañamiento docente han sido los aspectos más motivadores y enriquecedores. La experiencia de trabajar con materiales innovadores como el grafeno ha generado entusiasmo y ha consolidado el interés por la investigación aplicada. No obstante, también se han identificado áreas de mejora, especialmente en la estructura y orientación de la primera sesión, así como en la necesidad de una mayor coordinación con los calendarios escolares para evitar solapamientos con periodos de alta carga académica.

En conjunto, los hallazgos respaldan la efectividad del modelo pedagógico basado en el aprendizaje por proyectos y la investigación participativa en contextos preuniversitarios. Asimismo, subrayan el valor de las alianzas entre instituciones educativas como vía para enriquecer la formación del alumnado, despertar vocaciones científicas y conectar la enseñanza con los desafíos reales del siglo XXI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asikainen, E., & Tapani, A. (2021). Exploring the Connections of Education for Sustainable Development and Entrepreneurial Education—A Case Study of Vocational Teacher Education in Finland. *Sustainability*, *13*(21), 11887. https://doi.org/10.3390/su132111887

Boone, H., & Boone, D. (2012). Analyzing Likert Data. *Journal of Extension*, *50*(2). https://doi.org/10.34068/joe.50.02.48

Evans, J., & Karvonen, A. (2014). 'Give Me a Laboratory and I Will Lower Your Carbon Footprint!' — Urban Laboratories and the Governance of Low-Carbon Futures. *International Journal of Urban and Regional Research*, *38*(2), 413–430. https://doi.org/10.1111/1468-2427.12077

Kemmis, S., & McTaggart, R. (2005). *Participatory Action Research* (3rd ed.). Sage Publications Ltd.

Quimat, R. M., & Picardal, M. (2024). Context-Based Teaching through Education for Sustainable Development in Philippine Secondary Schools: A Meta-analysis. *Recoletos Multidisciplinary Research Journal*, *12*(1), 25–40. https://doi.org/10.32871/rmrj2412.01.03

Thomas, J. W. (2000). *A Review of the Research on Project-Based Learning*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido apoyado por la Junta de Castilla y León, el Ministerio de Ciencia e Innovación MICIN y la Unión Europea NextGenerationEU / PRTR.

REFLEXIONES SOBRE LA INCIDENCIA DEL DIBUJO ARQUITECTÓNICO EN LOS PLANES DE ESTUDIO DE ARQUITECTURA TÉCNICA: COMPARATIVA ENTRE UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS

REFLECTIONS ON THE IMPACT OF ARCHITECTURAL DRAWING IN BUILDING ENGINEERING PROGRAMS: A COMPARISON ACROSS SPANISH UNIVERSITIES

Teresa Gil-Piqueras [(1)], Andrea Ruggieri[(2)], Ana Pérez Vila[(3)], Jordi Mollà Casanova[(4)], Pablo Rodríguez-Navarro [(5)]

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universitat Politècnica de València, Valencia, España
[1] tgil@ega.upv.es, [2] aruggie1@ega.upv, [3] anprevi@ega.upv.es, [4] jormolca@ega.upv.es, [5] rodriguez@upv.es

RESUMEN

El dibujo arquitectónico constituye una competencia esencial en la formación del arquitecto técnico, al actuar como herramienta de análisis, comunicación y resolución en todas las fases del proceso edificatorio. Lejos de ser una destreza accesoria, el dominio del lenguaje gráfico permite interpretar, proyectar y documentar con precisión, y es clave para la integración del profesional en equipos multidisciplinares. Esta comunicación presenta una revisión crítica de la situación actual de la enseñanza de la expresión gráfica en los grados de Arquitectura Técnica en España, a partir del estudio comparado de los planes de estudio y guías docentes de cinco universidades destacadas según el ranking de El Mundo. La metodología seguida combina el análisis documental y la comparación sistemática de contenidos, atendiendo a la carga lectiva, la progresión pedagógica, el tipo de representación enseñada y las herramientas empleadas. Se examina en detalle la incorporación de tecnologías digitales (CAD, BIM, escáner 3D, fotogrametría) y su convivencia con técnicas tradicionales como el croquis y el dibujo a mano alzada. Los resultados muestran una notable heterogeneidad en cuanto al número de créditos, la profundidad de los contenidos y el equilibrio entre recursos analógicos y digitales, lo que repercute directamente en la adquisición de competencias gráficas fundamentales. Se concluye la necesidad de reforzar y equilibrar esta formación, garantizando una base sólida que combine los fundamentos clásicos del dibujo técnico con las exigencias actuales de la representación digital. Asimismo, se propone una reflexión sobre la posible armonización de contenidos y cargas docentes entre universidades, con el fin de favorecer la movilidad estudiantil, el reconocimiento de créditos y una mejor adecuación entre la formación académica y las competencias profesionales requeridas por el sector de la edificación.

Palabras clave: *Dibujo Arquitectónico, Arquitectura Técnica, Expresión Gráfica, Planes de estudio, Edificación.*

ABSTRACT

Architectural drawing is an essential competence in the education of building engineers, serving as a tool for analysis, communication, and problem-solving throughout all phases of the construction process. Far from being a secondary skill, mastery of graphic language enables precise interpretation, design, and documentation, and is key to integrating professionals into multidisciplinary teams. This paper presents a critical review of the current state of graphic expression teaching in Spanish undergraduate programs in Building Engineering. The analysis focuses on the curricula and course syllabi of five leading universities, selected based on El Mundo's national ranking. The methodology combines documentary review and systematic comparison of content, considering credit allocation, pedagogical progression, types of

representation taught, and tools used. Particular attention is given to the integration of digital technologies (CAD, BIM, 3D scanning, photogrammetry) and their coexistence with traditional techniques such as freehand sketching and manual drawing. Results reveal significant variability in credit load, content depth, and the balance between analog and digital resources, which directly affects the acquisition of key graphic skills. The paper concludes with the need to strengthen and balance this training, ensuring a solid foundation that merges classical drawing principles with the demands of contemporary digital representation. Furthermore, it calls for reflection on the harmonization of course content and credit distribution among universities, with the aim of fostering student mobility, ensuring mutual recognition of learning outcomes, and aligning academic training with the professional competencies currently required in the building sector.

Keywords: *Architectural Drawing, Technical Architecture, Graphic Expression, Study Plans, Building Construction.*

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

La expresión gráfica arquitectónica en el ámbito de la edificación, constituye una competencia esencial para el desarrollo del arquitecto técnico, ya que le permite interpretar, producir y comunicar información técnica de forma clara y precisa. Lejos de ser una habilidad complementaria, el dibujo arquitectónico es una herramienta de trabajo imprescindible en todas las fases del proceso edificatorio, desde el análisis previo y la planificación, hasta la ejecución material y la documentación del edificio.

Además, la expresión gráfica desempeña un papel decisivo en la creación, desarrollo y definición de proyectos técnicos, permitiendo traducir ideas abstractas en soluciones constructivas viables (Fig. 1). A través del dibujo se formalizan decisiones de diseño, se comprueban compatibilidades entre sistemas y se evalúan aspectos técnicos y normativos. De este modo, podemos asegurar que la capacidad para generar e interpretar croquis, planos o modelos digitales, influye directamente en la viabilidad, seguridad y eficiencia del proyecto, y por tanto, se sitúa en el núcleo de las competencias profesionales del arquitecto técnico. Esta competencia gráfica se manifiesta principalmente en tres modalidades: el dibujo de proyecto, el dibujo de obra y el dibujo de levantamiento; todas ellas presentes y necesarias en la práctica profesional.

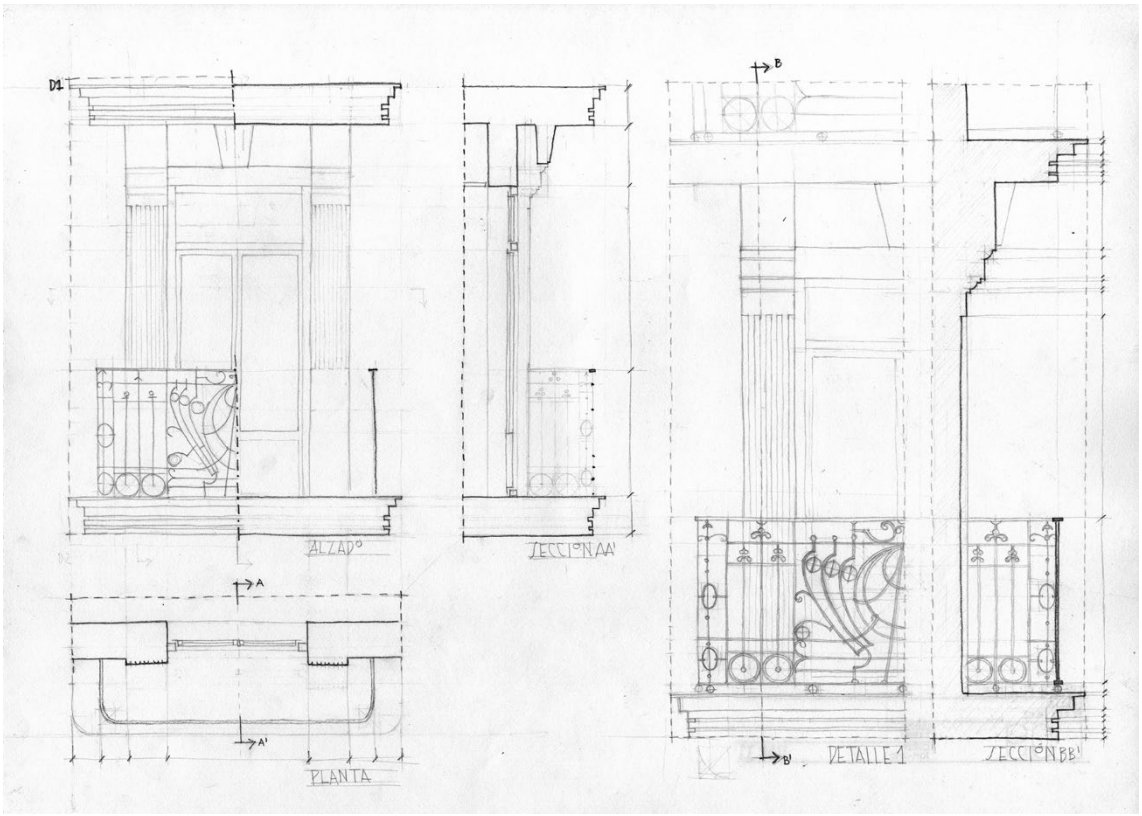


Fig 1. Dibujo de detalle arquitectónico de balcón. Dibujo Arquitectónico II. E.T.S. de Ingeniería de Edificación, Universitat Politécnica de València. Alumna: Lorena Pérez Sanz

El dibujo de proyecto anticipa la realidad arquitectónica. Permite visualizar ideas, tomar decisiones espaciales, técnicas y constructivas, y es establecer un diálogo entre el pensamiento conceptual y la viabilidad material. Desde el boceto inicial hasta las representaciones ortogonales o axonométricas a escala, este tipo de dibujo representa un proceso progresivo de definición formal y técnica que guía la evolución del proyecto.

El dibujo de obra, por su parte, actúa como instrumento operativo durante la fase constructiva. En él se condensan órdenes, modificaciones, soluciones puntuales y detalles constructivos que requieren inmediatez, claridad y eficacia comunicativa. Su carácter es muchas veces resolutivo e intuitivo, ejecutado mediante croquis a mano alzada, perspectivas o axonometrías que permiten transmitir instrucciones comprensibles tanto para técnicos como para operarios en obra.

Por último, el dibujo de levantamiento surge de la observación directa de la realidad construida, con el fin de analizarla, registrarla y documentarla. Este tipo de representación ha experimentado una profunda transformación con la incorporación de tecnologías como el escáner láser 3D y la fotogrametría digital, que complementan al croquis arquitectónico. Su aplicación es fundamental en intervenciones sobre el patrimonio, rehabilitaciones o estudios tipológicos.



Fig. 2. Levantamiento con escáner láser de la Iglesia de Algemesí de Valencia. Sección longitudinal. Fuente: Grupo de investigación LevARQ, Universitat Politècnica de València. Autores: P. Rodríguez-Navarro, T. Gil-Piqueras, A. Pérez-Vila.

Estas tres modalidades no son compartimentos estancos, sino que forman parte de un mismo lenguaje gráfico que acompaña al arquitecto técnico en todas las fases del proceso edificatorio. Su enseñanza, por tanto, sigue siendo un componente central en los planes de estudio del Grado en Arquitectura Técnica. Sin embargo, los métodos, herramientas y competencias asociados al dibujo arquitectónico han evolucionado profundamente en las últimas décadas, obligando a una necesaria revisión pedagógica.

En este contexto, la actualización constante en el uso de herramientas digitales se ha vuelto indispensable. La formación del arquitecto técnico contemporáneo debe incluir el dominio de entornos BIM, modelado tridimensional, escáner láser, fotogrametría y otras tecnologías avanzadas que permiten representar, analizar y gestionar la información gráfica de forma precisa y eficiente. Sin embargo, esta transición digital no puede suponer el abandono del dibujo a mano como herramienta pedagógica, especialmente en los primeros cursos. Lejos de ser un recurso obsoleto, el dibujo manual sigue siendo clave para el desarrollo de la capacidad

de observación, análisis, síntesis y expresión personal, cualidades fundamentales para favorecer una comprensión profunda del espacio arquitectónico y valor incuestionable, tanto por su utilidad en fases conceptuales y operativas, como por su capacidad de fomentar una comunicación gráfica directa, ágil y eficaz. El equilibrio entre herramientas digitales y analógicas se revela así como un objetivo docente estratégico en la formación del arquitecto técnico contemporáneo.

Desde una perspectiva docente, esta realidad plantea una reflexión sobre el papel que el dibujo arquitectónico ocupa en los planes de estudio de las Escuelas de Arquitectura Técnica. En los últimos años, los avances tecnológicos y la introducción de nuevas herramientas digitales (modelado BIM, escaneado 3D, fotogrametría, realidad aumentada…) han transformado de forma radical los métodos de representación y documentación del proyecto arquitectónico. Esta evolución exige una constante revisión de los contenidos docentes y una actualización metodológica, sin dejar de lado las competencias fundamentales que le permitan al alumnado adquirir no solo competencias instrumentales en software gráfico, sino también fundamentos sólidos en sistemas de representación, lectura espacial y lógica constructiva.

El objetivo general de esta comunicación es presentar una revisión crítica de la evolución, situación actual y retos futuros de la enseñanza del dibujo arquitectónico en los grados de Arquitectura Técnica en España. Para ello, se analiza la carga lectiva y distribución de la expresión gráfica dentro del plan de estudios, centrándose en el estudio de los contenidos específicos de las materias relacionadas con el dibujo arquitectónico en primer y segundo curso. La metodología seguida se ha basado en el estudio comparado de los planes de estudio y de las guías docentes de las asignaturas gráficas impartidas en distintas universidades españolas que ofertan esta titulación. El propósito final de la investigación es ofrecer una base para reflexionar sobre el papel del dibujo arquitectónico en la formación del arquitecto técnico y contribuir a la mejora y actualización de los programas académicos en función de las competencias profesionales requeridas.

2. ANTECEDENTES Y MARCO DE ESTUDIO: LA EXPRESIÓN GRÁFICA EN LOS ESTUDIOS DE ARQUITECTURA TÉCNICA

El dibujo técnico ha sido históricamente una de las competencias fundamentales en la formación del Arquitecto Técnico. En los planes de estudio anteriores a la implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), el dibujo constituía una herramienta clave tanto para la representación gráfica de proyectos como para el levantamiento y documentación de obras existentes. Las asignaturas de Expresión Gráfica solían ocupar un número significativo de créditos y se abordaban desde una perspectiva esencialmente práctica, enfocada en la elaboración de croquis y planos.

La implantación del EEES y el diseño de nuevos títulos adaptados a Bolonia, supuso una redistribución del contenido gráfico, reduciendo en muchos casos la carga lectiva de estas materias. Sin embargo, la Orden ECI/3855/2007 (Orden ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, de 28 de diciembre, 2007), que establece los requisitos para la verificación de los títulos oficiales que habilitan para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico en España, mantiene las competencias gráficas como parte esencial de la formación. En particular, esta orden señala que el graduado debe adquirir la capacidad para:

- Aplicar los sistemas de representación espacial, el desarrollo del croquis, la proporcionalidad, el lenguaje y las técnicas de la representación gráfica de los elementos y procesos constructivos.
- Interpretar y elaborar la documentación gráfica de un proyecto, realizar toma de datos, levantamientos de planos y el control geométrico de unidades de obra.
- Conocer los procedimientos y métodos infográficos y cartográficos en el campo de la edificación.
- Trabajar con la instrumentación topográfica y proceder al levantamiento gráfico de solares y edificios, y su replanteo en el terreno.
- Aplicar las herramientas avanzadas necesarias para la resolución de las partes que comporta el proyecto técnico y su gestión.
- Redactar proyectos técnicos de obras y construcciones, que no requieran proyecto arquitectónico, así como proyectos de demolición y decoración.
- Redactar documentos que forman parte de proyectos de ejecución elaborados en forma multidisciplinar.
- Analizar los proyectos de ejecución y su traslación a la ejecución de las obras.

En este sentido, el dibujo no debe entenderse únicamente como una habilidad instrumental, sino como una forma de razonamiento gráfico y un medio de comunicación técnica esencial entre los distintos agentes del proceso edificatorio.

Transcurrido el tiempo desde la implantación al EEES, consideramos que es hora de hacer una reflexión sobre las materias gráficas. Para ello hemos analizado la situación actual de la expresión gráfica en cinco planes de estudio del Grado en Arquitectura Técnica de España. Para la selección de los casos de estudio se ha recurrido al Ranking de El Mundo (El Mundo, 2025), en donde hace una clasificación de las cinco mejores universidades dentro del área de Edificación, a partir de encuestas a profesores, indicadores proporcionados por las propias universidades e informes de ANECA. Se trata de universidades con una sólida trayectoria científica y reconocida excelencia en la formación académica en este ámbito. Las cinco universidades objeto de estudio, por orden de clasificación son: Universidad Politécnica de Madrid (BOE 189/2013, de 25 de julio, de 8 de agosto, 2013), Universidad de Sevilla (BOE 147/2017, de 31 de mayo, de 21 de junio, 2017), Universitat Politècnica de Catalunya (Memoria de verificación del grado en Arquitectura Técnica y Edificación (UPC), n.d.), Universidad de Granada (BOE 299/2017, de 14 de julio, de 13 de noviembre, 2020), Universidad Politécnica de Valencia (BOE 88/2013, de 25 de febrero, de 12 de abril, 2013).

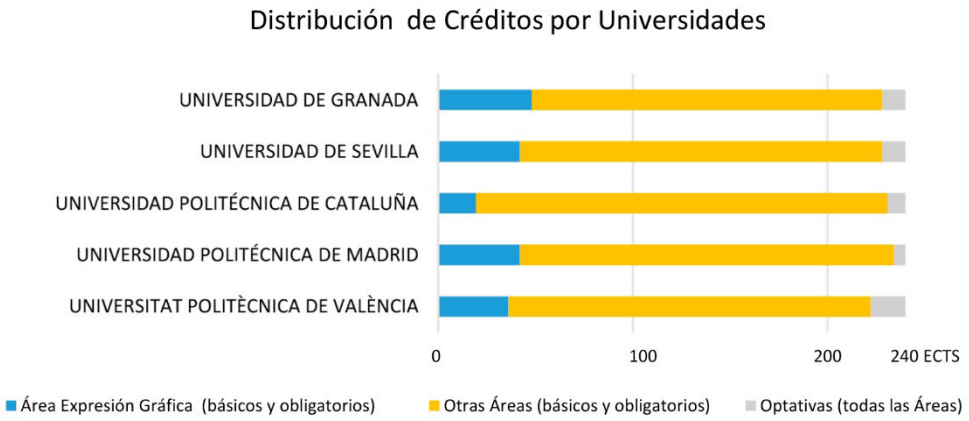


Fig.3. Comparativa de carga académica de Expresión Gráfica con el resto de áreas de conocimiento. Fuente: los autores.

A partir de sus planes de estudio, se ha extraído la organización y carga lectiva de sus asignaturas básicas y obligatorias, tal y como vemos en la tabla 1:

Tabla 1. Listado de las asignaturas de expresión gráfica extraídas de los planes de estudio de las cinco universidades objeto de estudio: organización y carga lectiva

curso	UPM E. T. S. de Edificación	US E. T. S. de Ingeniería de Edificación	UPC Escuela Politécnica Superior de Edificación	UGR E. T. S. de Ingeniería de Edificación	UPV E. T. S. de Ingeniería de Edificación
1º	6+3 ECTS GEOMETRÍA DESCRIPTIVA I y II	6+6 ECTS GEOMETRÍA DESCRIPTIVA I Y II		6 ECTS GEOMETRÍA DESCRIPTIVA	9 ECTS GEOMETRÍA DESCRIPTIVA
	6+3 ECTS DIBUJO ARQUITECTÓNICO I Y II	6 ECTS DIBUJO APLICADO A LA INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN	6+6 ECTS INTRODUCCIÓN AL DIBUJO ARQUITECTÓNICO DIBUJO ARQUITECTÓNICO	6+6 ECTS EXPRESIÓN GRÁFICA I: PROCEDIMIENTOS DIRECTOS Y EXPRESIÓN GRÁFICA II: PROCEDIMIENTOS INFORMÁTICOS	9 ECTS DIBUJO ARQUITECTÓNICO I
			3 ECTS TALLER2: MODELIZAR CONCEPTOS (BIM)		
2º	3+3 ECTS DIBUJO DE DETALLES ARQUITECTÓNICOS I Y II	6 ECTS EXPRESIÓN GRÁFICA DE TECNOLOGÍAS DE LA EDIFICACIÓN		6+6 ECTS EXPRESIÓN GRÁFICA DE LA TECNOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN EXPRESIÓN GRÁFICA DEL PROYECTO DE EDIFICACIÓN	4,5 ECTS DIBUJO ARQUITECTÓNICO II
	6 ECTS TOPOGRAFÍA I	6 ECTS TOPOGRAFÍA Y REPLANTEOS	4.5 ECTS LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS EN LA EDIFICACIÓN		4,5 ECTS TOPOGRAFÍA Y REPLANTEOS
3º	3 ECTS TOPOGRAFÍA II		3 ECTS TÉCNICAS AVANZADAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA	6 ECTS TOPOGRAFÍA	
	3 ECTS	6+6 ECTS		6+6 ECTS	4,5 ECTS

curso	UPM E. T. S. de Edificación	US E. T. S. de Ingeniería de Edificación	UPC Escuela Politécnica Superior de Edificación	UGR E. T. S. de Ingeniería de Edificación	UPV E. T. S. de Ingeniería de Edificación
	PROYECTOS TÉCNICOS I	PROYECTOS TÉCNICOS I PROYECTOS TÉCNICOS II, AUDITORÍA DE PROYECTOS Y OFICINA TÉCNICA		PROYECTOS I: INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN ELEMENTAL PROYECTOS II: INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN COMPLEJA	PROYECTOS I
4º	6 ECTS PROYECTOS TÉCNICOS II		9+6 ECTS TALLER 8: PROYECTOS TALLER 9: MODELO FINAL		4,5 ECTS PROYECTOS II
TOTAL CRD.	**42 ECTS**	**42 ECTS**	**37,5 ECTS**	**48 ECTS**	**36 ECTS**

De forma general, a partir de la tabla 1 se deduce que la carga total del área de Expresión Gráfica en estas titulaciones varía entre los 36 créditos ofertados por la UPV y los 48 créditos de la UGR, lo que supone una diferencia de 12 créditos entre ambas universidades. En la mayoría de los casos, esta carga lectiva se concentra en primer y segundo curso, a excepción de la UPC que presenta una distribución más concentrada en el 1º y 4º curso. Como vemos, de modo general, el plan de estudios de la UPC adopta un planteamiento docente significativamente diferente al del resto.

3. EL DIBUJO ARQUITECTÓNICO DE 1º Y 2º CURSO

A partir del análisis general sobre la carga ECTS en materias gráficas de cada universidad y la distribución por cursos de las asignaturas básicas y obligatorias, se aborda un segundo nivel de estudio centrado en las asignaturas impartidas en primero y segundo curso, específicamente aquellas relacionadas con el dibujo arquitectónico y la expresión gráfica (denominadas de esta manera según la universidad). No se incluye la geometría descriptiva que, aunque se concentra en primer curso se ha considerado obviar de este estudio por ser más específica.

Para abordar el análisis de las materas se han consultado las guías docentes correspondientes al curso 2024/25 de todas las asignaturas, estableciendo un estudio comparativo de los contenidos y resultados de aprendizaje de dichas asignaturas. A partir de esta revisión, se ha realizado una clasificación temática en ocho grandes bloques: sistemas de representación, croquis, representación de elementos arquitectónicos, acotación, levantamiento de planos, proyectos técnicos, recursos gráficos y procedimientos informáticos.

Tras el primer análisis se observa una notable diversidad en la carga lectiva dedicada a estas materias. La tabla 2 recoge los créditos ECTS asignados en primero y segundo curso a las asignaturas gráficas en cada universidad. En el caso de la UPC, se ha incluido la asignatura “Taller 2: Modelizar Conceptos (BIM)”, por considerarse complementaria a las de Dibujo Arquitectónico.

Tabla 2. Total de créditos de las asignaturas de Dibujo arquitectónico y Expresión Gráfica ubicadas en 1º y 2º curso, según sus planes de estudio.

	UPM	US	UPC	UGR	UPV
	E. T. S. de Edificación	**E. T. S. de Ingeniería de Edificación**	**Escuela Politécnica Superior de Edificación**	**E. T. S. de Ingeniería de Edificación**	**E. T. S. de Ingeniería de Edificación**
	(Plan de estudios del Grado en Edificación (ETSE-UPM), n.d.)	(Plan de Estudios de Arquitectura Técnica y Edificación (ETSIE-US), n.d.)	Plan de estudios del Grado en Arquitectura Técnica y Edificación (EPSEB-UPC), n.d.)	(Plan de Estudios del Grado en Edificación (ETSIE-UGR), n.d.)	(Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica (ETSIE-UPV), n.d.)
TOTAL CRD	**15 ECTS**	**12 ECTS**	**15 ECTS**	**24 ECTS**	**13,5 ECTS**

Entrando en detalle en sus contenidos docentes, vemos cómo en términos generales todas las Universidades abordan en primer curso aspectos comunes como el uso de sistemas de representación (especialmente el sistema diédrico), el croquis, el levantamiento de planos a escala, la acotación, la normalización y, en algunos casos, la introducción de herramientas digitales. Sin embargo, se observa una disparidad considerable en los recursos informáticos empleados.

Por ejemplo, mientras la UPV introduce en primer curso el uso de AutoCAD como herramienta de dibujo asistido, otras universidades, como la US o la UPC, incorporan en este primer año herramientas más avanzadas como SketchUp o Revit, e incluso inician al alumnado en el modelado con metodología BIM (con 6 ECTS en la US y 15 ECTS en la UPC). En otros casos, como en Sevilla o Granada, se recurre al uso de maquetas físicas como medio de representación tridimensional.

En segundo curso, la diversidad entre los programas se acentúa. Universidades como Sevilla o Madrid centran la docencia en el dibujo de detalles constructivos de los diferentes elementos del edificio, lo que requiere un conocimiento avanzado de los sistemas constructivos. En cambio, la UPV orienta la enseñanza hacia el desarrollo del croquis arquitectónico y el apunte como medio de captación de la realidad arquitectónica, potenciando el uso del sistema axonométrico combinado con recursos gráficos como la sección para representar el interior de los edificios, mientras que la UPC se inclina por el dibujo de proyecto.

4. COMPARATIVA ESPECÍFICA POR ESCUELAS

La Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid (ETSEM - UPM): distribuye la formación en dibujo arquitectónico en cuatro asignaturas durante los dos primeros cursos, ofreciendo una aproximación progresiva y reflexiva a los distintos niveles de representación gráfica. En primer curso, Dibujo Arquitectónico I (6 ECTS) abarca croquis, acotación, normalización, sistemas de representación (axonometría, perspectiva cónica y oblicua) y CAD. Complementariamente, Dibujo Arquitectónico II (3 ECTS) se centra en el levantamiento de planos, análisis gráfico del proyecto arquitectónico y la introducción al modelado BIM. En segundo curso, el programa se especializa en el dibujo de detalles arquitectónicos, integrando el conocimiento constructivo con la expresión gráfica. Dibujo de Detalles Arquitectónicos I (3 ECTS) aborda la representación de partes del edificio, como fachadas, cubiertas e instalaciones, enfocándose en los detalles constructivos. Por último, Dibujo de Detalles Arquitectónicos II (3 ECTS) profundiza en la representación mediante sistemas diédrico y axonométrico. Este plan de estudios proporciona una formación completa y gradual, combinando técnicas clásicas con herramientas digitales y promoviendo una comprensión detallada de la arquitectura constructiva y su documentación gráfica.

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de Sevilla (ETSIE-US): aborda la enseñanza del dibujo arquitectónico a través de dos asignaturas: Dibujo Aplicado a la Ingeniería de Edificación y Expresión Gráfica de Tecnologías de la Edificación. Estas asignaturas combinan los fundamentos clásicos del dibujo con una aproximación aplicada a la realidad constructiva. Desde el primer curso se incorporan herramientas como el trabajo con maquetas, la infografía y la introducción al modelado BIM. En primer curso, Dibujo Aplicado a la Ingeniería de Edificación (6 ECTS) incluye croquis, normalización, acotación, escalas, levantamiento, interpretación y elaboración del proyecto básico, además del uso de CAD, infografía, maquetas y BIM. En segundo curso, Expresión Gráfica de Tecnologías de la Edificación (6 ECTS) se enfoca en la representación técnica de elementos constructivos específicos, como cimentación, cubiertas, instalaciones y carpinterías, mediante CAD y BIM. A pesar de esta integración metodológica y práctica, la ETSIE-US (Sevilla) es la Escuela que destina un menor número de créditos a los contenidos gráficos dentro de su plan de estudios, lo que podría limitar la profundidad y extensión del aprendizaje en esta área fundamental para la formación del arquitecto técnico.

La Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona (EPSEB-UPC): se caracteriza por un enfoque eminentemente práctico y orientado al espacio arquitectónico. Utiliza herramientas como Revit y SketchUp desde el primer curso, aplicadas al estudio de espacios concretos como cocinas, baños o comedores. Además, incluye un taller de modelado de conceptos con metodología BIM, considerado complementario a las dos asignaturas de dibujo arquitectónico que también se imparten en primer curso. Sin embargo, no se destinan créditos específicos al dibujo arquitectónico en segundo curso, ni se contempla una asignatura dedicada a la geometría descriptiva. Algunos de estos contenidos se integran parcialmente en la asignatura de Introducción al dibujo arquitectónico, lo que puede limitar la profundización en los fundamentos gráficos más abstractos y analíticos.

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de Granada (ETSIE-UGR): es la Escuela que presenta la mayor carga lectiva en expresión gráfica durante los dos primeros cursos, con un total de 24 créditos ECTS, a los que se suman 6 créditos adicionales destinados a geometría descriptiva en primer curso, lo que le permite ofrecer un programa amplio y profundo. La formación se distribuye en cuatro asignaturas que combinan de manera equilibrada contenidos teóricos y prácticos, integrando técnicas tradicionales de dibujo, representación gráfica asistida por ordenador en 2D, modelado 3D mediante BIM y representación de elementos constructivos. En primer curso, Expresión Gráfica I: Procedimientos Directos (6 ECTS) aborda el croquis, normalización, escalas, medición in situ, levantamiento y restitución 3D, incluyendo la comparación entre axonometría y maquetas. Complementariamente, Expresión Gráfica II: Procedimientos Informáticos (6 ECTS) introduce CAD, repasa geometría plana y trabaja el dibujo 2D y 3D con énfasis en modelado paramétrico y avanzado. En segundo curso, Expresión Gráfica de la Tecnología de la Edificación (6 ECTS) se centra en el dibujo técnico de estructuras, cubiertas y secciones constructivas. Finalmente, Expresión Gráfica del Proyecto de Edificación (6 ECTS) profundiza en la elaboración y presentación del proyecto técnico,

integrando todos los conocimientos previos para su aplicación práctica. Además, durante el segundo curso se introduce al alumnado en la documentación gráfica del proyecto arquitectónico (proyecto básico) y en el desarrollo arquitectónico.

Por último, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de Valencia (ETSIE-UPV): organiza la formación en dibujo arquitectónico en dos asignaturas distribuidas en los dos primeros cursos del grado. En Dibujo Arquitectónico I (9 ECTS), se abordan competencias fundamentales como el croquis, la puesta a escala, el dibujo de secciones, sistemas de medición y acotación, así como el dibujo de detalles y la introducción al proyecto arquitectónico. También se incorpora el uso de CAD y el levantamiento de planos, combinando métodos tradicionales con herramientas digitales desde el inicio. En Dibujo Arquitectónico II (4,5 ECTS), se profundiza en métodos de levantamiento, dibujo analítico mediante proyección cónica y ortogonal, croquis, puesta a escala y proyección axonométrica, consolidando las bases para una representación gráfica más compleja y precisa.

5. CONCLUSIONES

Existe una notable variabilidad en la dedicación de créditos a la expresión gráfica entre las Escuelas analizadas que puede influir decisivamente en la calidad y amplitud de esta formación, y a pesar de ello en todas las Escuelas, el dibujo arquitectónico se considera una competencia fundamental, imprescindible como medio de comunicación profesional y como base para la comprensión técnica y la documentación del proyecto arquitectónico.

La ETSIE-GR (Granada) destaca con la mayor carga lectiva (24 ECTS en los dos primeros cursos), lo que le permite ofrecer un programa amplio, equilibrado y profundo, integrando contenidos clásicos y digitales con una progresión formativa completa, estructurada y diversificada en este ámbito, lo que puede traducirse en una mejor preparación técnica del alumnado en competencias fundamentales como la representación arquitectónica, el manejo de herramientas digitales y la comprensión espacial. Esta intensidad formativa permite desarrollar no solo habilidades técnicas, sino también capacidades analíticas y expresivas que resultan esenciales para interpretar, comunicar y resolver proyectos en el ámbito de la edificación.

Algunas Escuelas como la ETSIE-US (Sevilla) y la EPSEB-UPC (Barcelona) destacan por la incorporación temprana de herramientas digitales (CAD, BIM, infografía, modelado 3D) y un enfoque aplicado al espacio arquitectónico y la realidad constructiva. La EPSEB-UPC (Barcelona) presenta una menor dedicación lectiva en segundo curso y limita la enseñanza de geometría descriptiva, lo que puede reducir la formación en fundamentos gráficos esenciales.

En este sentido, una formación insuficiente en expresión gráfica no solo impacta en el dominio de las técnicas de representación, sino que también puede afectar negativamente a la capacidad crítica, la autonomía proyectual y la integración de soluciones técnicas en un entorno colaborativo. Resulta, por tanto, fundamental reforzar y equilibrar la carga gráfica en todos los planes de estudio, asegurando una base sólida que permita a los futuros arquitectos técnicos adaptarse con solvencia a los nuevos retos tecnológicos y profesionales del sector.

En cuanto al balance entre métodos tradicionales y digitales, vemos como todas las Escuelas analizadas muestran una transición progresiva del dibujo manual hacia la representación digital. No obstante, hay diferencias en el equilibrio entre ambos enfoques. La ETSIE-GR (Granada) y la ETSE-UPM (Madrid) mantienen una combinación equilibrada, mientras que la ETSIE-US (Sevilla) y la EPSEB-UPC (Barcelona) apuestan más por lo aplicado y digital, aunque a costa de una menor carga y profundización teórica.

El análisis revela una tendencia generalizada hacia la digitalización de los procesos gráficos, con la incorporación de herramientas como CAD y BIM. Por otro lado, la formación en croquis, dibujo a mano alzada y en los sistemas clásicos de representación, aunque sigue considerándose un pilar fundamental, muestra signos de debilitamiento a medida que se consolidan los procedimientos gráficos informatizados. Este hecho merece una reflexión profunda, ya que en las etapas iniciales de la formación del arquitecto técnico debe seguir potenciándose el aprendizaje del lenguaje gráfico tradicional, que constituye un medio esencial de análisis, interpretación y comunicación en su futura práctica profesional**.** Debemos garantizar el dominio del lenguaje gráfico en todas sus formas como herramienta de trabajo y comunicación profesional**,** integrando de manera equilibrada los métodos manuales y digitales para asegurar una formación completa y coherente con las exigencias del ejercicio profesional contemporáneo.

Como se puede observar, esta notable heterogeneidad en la carga crediticia y en los contenidos, dificultaría el reconocimiento de créditos entre estudiantes que desean movilidad dentro del mismo título. Esto debe llevarnos a reflexionar sobre la situación actual del Grado en Arquitectura Técnica, una titulación habilitante, común para el ejercicio de la misma profesión en todo el país.

Este estudio aporta una visión novedosa al evidenciar la heterogeneidad en la organización de las asignaturas de Dibujo Arquitectónico y Expresión Gráfica dentro del Grado en Arquitectura Técnica en España. Es cierto que, en todos los casos analizados, la materia de Expresión Gráfica cumple con los objetivos mínimos establecidos en la *Orden ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico*, en cuanto al desarrollo de competencias gráficas básicas y específicas. No obstante, el grado de profundidad, la carga lectiva asignada y el equilibrio entre métodos tradicionales y digitales de las asignaturas analizadas, como se va visto, varía significativamente entre universidades, lo que pone de manifiesto la necesidad de una mayor armonización curricular que garantice la coherencia formativa entre titulaciones que comparten la misma denominación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOE 147/2017, de 31 de mayo de 2017, Resolución por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Edificación de la Universidad de Sevilla. Boletín Oficial del Estado, 147, de 21 de junio de 2017. https://www.boe.es/boe/dias/2017/06/21/pdfs/BOE-A-2017-7095.pdf

BOE 189/2013, de 25 de julio de 2013, Resolución por la que se publica el cambio de denominación del título de Graduado en Ingeniería de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid. Boletín Oficial del Estado, 189, de 8 de agosto de 2013. https://www.boe.es/boe/dias/2013/08/08/pdfs/BOE-A-2013-8825.pdf

BOE 299/2020, de 14 de julio de 2020, Resolución por la que se publica el cambio de denominación del título de Graduado en Ingeniería de Edificación por el de Graduado en Edificación y el plan de estudios actualizado de dicho título de la Universidad de Granada. Boletín Oficial del Estado, 299, de 13 de noviembre de 2020). https://www.boe.es/boe/dias/2020/11/13/pdfs/BOE-A-2020-14194.pdf

BOE 88/2013, de 25 de febrero de 2013, por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Arquitectura Técnica de la Universitat Politècnica de València. Boletín Oficial del Estado, 88, de 12 de abril de 2013. https://www.boe.es/boe/dias/2013/04/12/pdfs/BOE-A-2013-3897.pdf

El Mundo. (2025). Ranking de Universidades. https://www.elmundo.es/especiales/ranking-universidades/index.html

Memoria de verificación del grado en Arquitectura Técnica y Edificación. Universidad Politécnica de Catalunya (UPC). (n. d.). Retrieved 18 de junio de 2025, from https://epseb.upc.edu/es/calidad/vsma/verificacion

Ministerio de Educación y Ciencia. (2007). Orden ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos oficiales que habilitan para el ejercicio de profesiones reguladas. Boletín Oficial del Estado, núm. 314, de 28 de diciembre de 2007, pp. 55490-55501. https://www.boe.es/boe/dias/2007/12/28/pdfs/A55490-55501.pdf

Plan de Estudios de Arquitectura Técnica y Edificación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE). (n.d.). Universidad de Sevilla (US). Retrieved June 18, 2025, from https://www.us.es/estudiar/que-estudiar/oferta-de-grados/grado-en-edificacion

Plan de estudios del grado en Arquitectura Técnica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE). (n.d.). Universitat Politècnica de València (UPV). Retrieved June 19, 2025, from https://www.upv.es/titulaciones/GIE/index-es.html

Plan de estudios del Grado en Arquitectura Técnica y Edificación de la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona (EPSEB). (n.d.). Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Retrieved June 19, 2025, from https://epseb.upc.edu/es/informacion-academica/planes-estudios/gate

Plan de estudios del Grado en Edificación de la Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSE). (n.d.). Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Retrieved June 15, 2025, from https://www.edificacion.upm.es/node/526

Plan de estudios del grado en Edificación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE). (n.d.). Universidad de Granada (UGR). Retrieved June 15, 2025, from https://grados.ugr.es/informacion/guias-docentes-firmadas/2024-2025/grado-edificacion

EL PROFESOR ASOCIADO COMO AGENTE DE INNOVACIÓN DOCENTE EN TITULACIONES TÉCNICAS UNIVERSITARIAS

ASSOCIATE LECTURER AS AN AGENT OF TEACHING INNOVATION IN UNIVERSITY TECHNICAL DEGREE PROGRAMS

Roberto Vallejo-Diez[(1)], Miguel López-García[(2)], Javier Garabito-López [(3)], Carmelo Muñoz-Ruipérez [(4)], José Carlos Garabito-López [(5)]

[1] Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, rvdiez@ubu.es
[2] Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, miguellg@ubu.es
[3] Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, jgarabito@ubu.es
[4] Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, cmruip@ubu.es
[5] Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, jcgarabito@ubu.es

RESUMEN

La figura del profesor asociado desempeña un papel esencial en la docencia universitaria al actuar como nexo entre el ámbito profesional y el académico. En el ámbito de las carreras técnicas, esta conexión se vuelve más importante, al permitir una transferencia directa y actualizada de los conocimientos contextualizando el aprendizaje y fomentando la adquisición de competencias aplicadas al ejercicio real de la profesión.

Este trabajo presenta un ejemplo de una visita a una obra importante de la ciudad de Burgos: la rehabilitación integral sostenible con mejora de la eficiencia energética del edificio sede de la Policía Local y Bomberos. Gracias a la labor externa de los profesores asociados de las asignaturas de Organización de Obras, Construcción Sostenible y Gestión de la Calidad y Medio Ambiente, se pudo tener visión de primera mano de las distintas soluciones constructivas reales, las estrategias de sostenibilidad implementadas y como poder desarrollarlas en el plazo adecuado.

Este trabajo fuera del aula favoreció un enfoque interdisciplinar y participativo, impulsando la motivación del alumnado y una mejor comprensión del proceso edificatorio. Los resultados obtenidos evidencian el valor del profesor asociado como agente de conexión entre universidad y profesión, así como su potencial para fomentar experiencias docentes más contextualizadas, colaborativas y sostenibles.

Palabras clave: *profesor asociado, edificación, aprendizaje experiencial, sostenibilidad, organización de obras, coordinación interdisciplinar.*

ABSTRACT

Associate lecturers play an essential role in university teaching by acting as a link between the professional and academic worlds. In the field of technical programs, this connection becomes even more important, allowing for a direct and up-to-date transfer of knowledge, contextualizing learning and promoting the acquisition of skills applied to the actual practice of the profession.

This paper shows an example of a visit to a major construction site in the city of Burgos: the comprehensive sustainable renovation and energy efficiency improvement of the Local Police and Fire Department headquarters building. Thanks to the external work of the associate lecturers of the subjects of Construction Organization, Sustainable Construction, and Quality and Environmental Management, it was possible to gain first-hand insight into the different real-life construction solutions, the sustainability strategies implemented, and how to develop them within the appropriate timeframe.

This work outside the classroom fostered an interdisciplinary and participatory approach, boosting student motivation and a better understanding of the construction process. The results obtained demonstrate the value of the associate lecturer as a link between the university and the profession, as well as their potential to promote more contextualized, collaborative, and sustainable teaching experiences.

Keywords*: Associate lecturer, Construction, Experiential Learning, Sustainability, Construction Organization, Interdisciplinary Coordination.*

1. INTRODUCCIÓN

Las escuelas universitarias de edificación, en sus distintas denominaciones, se encuentran en una encrucijada debida a rápida evolución de los sistemas constructivos y la creciente complejidad que los proyectos demandan a profesionales en continua evolución y adaptación. En este contexto, la formación universitaria y especialmente la de los grados técnicos no puede limitarse a la transmisión tradicional de contenidos en el aula, sino esta debe trascender y buscar la formación práctica contextualizada en los propios espacios de trabajo. (García-Escudero et al., 2018)

Esta necesidad ha posicionado a la figura del profesor asociado en un rol esencial dentro de la docencia universitaria como nexo entre el mundo académico y el profesional.

La figura del Profesor Asociado surge en el año 1983 a través de la Ley de Reforma Universitaria (LRU). El fin que se busca con esta nueva escala es incorporar a especialistas de reconocida competencia que desarrollen actividad profesional fuera de la Universidad, intentando aportar un mayor equilibrio entre el mundo académico y el laboral.

Esta figura gana un peso enorme en aquellas enseñanzas universitarias más técnicas y donde la relación con la empresa y un mundo laboral en continuo cambio es mucho más importante. Es por ello por lo que las distintas Leyes han mantenido esta tipología de profesor. Sin embargo, la precarización de esta figura y una visión en muchos colectivos como un primer paso para acceder a la carrera docente universitaria, ha llevado a un abuso a la hora de su contratación, siendo cuestionada. (Campos, 2020)

No obstante, el papel que están desarrollando muchos de los profesores asociados en la universidad permite a los alumnos tener una visión cercana y actualizada del mundo laboral real, pudiendo aprovecharse de un profesorado que les permite acceder a espacios y lugares donde ellos mismos desarrollan su actividad.

Esta ponencia no pretende sentar ninguna cátedra, sino más bien realizar un análisis crítico del papel de los profesores asociados en el ámbito de los grados técnicos universitarios, y como gracias a su actividad profesional los alumnos pueden verse beneficiados de la misma, exponiendo un caso práctico llevado a cabo en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos.

2. EL PROFESOR ASOCIADO COMO AGENTE DE INNOVACIÓN

2.1 Innovación docente en edificación

La innovación docente en las titulaciones técnicas, y más en concreto en las facultades de Arquitectura Técnica, no se puede limitar únicamente a la introducción de la tecnología. Tradicionalmente, desde el avance de la digitalización en los entornos constructivos, gran parte de los esfuerzos innovadores han ido dirigidos a la implementación de diversas herramientas que agilicen y/o mejoren la calidad de los proyectos y obras. (García-Escudero et al., 2018) Estas herramientas no dejan de ser meros instrumentos que reducen ampliamente los potenciales errores que pueden darse durante el proceso constructivo. Este es el caso de la introducción de la metodología BIM, aunque esta esté más relacionada con la fase de Proyecto, o aplicaciones para la mejora de la organización de la obra.

Sin embargo, otra serie innovaciones son esenciales. El aprendizaje experiencial, mediante visitas a obras de amplio reconocimiento y con gran trascendencia, permite a los futuros profesionales permite a los alumnos un reconocimiento rápido y extenso de los conocimientos obtenidos previamente en el aula y su fijación prácticamente instantánea al poder observar in-situ gran parte de los sistemas que se han venido explicando de forma teórico-práctica.

Por otro lado, estas innovaciones también permiten la aplicación de modelos integrados de aprendizaje. En la vida profesional la visión de las distintas disciplinas de la profesión no se ven como cápsulas estancas en las que cada uno desarrolla una de ellas por su cuenta. Es por ello por lo que estas visitas permiten el aprendizaje de forma integrada y transversal a los distintos campos y agentes que forman parte del proceso edificatorio.

2.2 El valor estratégico del Profesor Asociado

En este contexto, previamente indicado, el profesor asociado, con su doble perfil académico y profesional, surge como un agente trascendental. El conocimiento actualizado, derivado de su actividad fuera de la universidad, permite que la transferencia de este a los alumnos esté totalmente en vigor y actualizado. (Valiente López et al., 2008) De esta manera los alumnos se ven beneficiados de esta actividad fuera del ámbito educativo, permitiendo diseñar actividades y visitas a centros que estarían fuera del alcance de profesores que no tuviesen actividad fuera del centro universitario.

Esta vinculación con el mundo profesional permite tanto al docente como al alumno de estar al día de los desafíos de su sector y proponer soluciones reales a distintos problemas que pueden darse. Como se ha indicado antes, la aplicación de un aprendizaje integrado permite a los alumnos exponerse a situaciones reales, en un entorno controlado, donde los alumnos pueden haber propuesto soluciones a distintos problemas y se ve como se ha solucionado directamente las mismas, tal como ocurrirá en su futura vida laboral. Este enfoque es clave para impulsar la motivación del alumnado y lograr una mejor comprensión del proceso constructivo en su totalidad.

3. LA VISITA DE OBRA COMO EXPERIENCIA EDUCATIVA

Las visitas a centros de trabajo como parte de la labor de aprendizaje tienen una larga tradición, tanto en la educación y secundaria como en ámbitos universitarios. En la enseñanza obligatoria, son típicas las visitas a empresas locales, con el fin de que los alumnos más jóvenes salgan de su marco habitual y experimenten por observación, como se realizan tareas fuera de su entorno más cercano.

El ámbito universitario dista en gran medida de la educación primaria y secundaria. No obstante, los principios que rigen el aprendizaje experiencial son similares en ambos casos. El caso de estudio seleccionado fue una visita a una de las obras de mayor calado que se estaban llevando a cabo en el momento en la ciudad de Burgos: la rehabilitación integral sostenible con mejora de la eficiencia energética del edificio sede de la Policía Local y Bomberos.



Figura 1. Fachada posterior durante la rehabilitación con las cocheras de bomberos

La elección de esta obra no fue casual, sino estratégica. Como se ha indicado previamente, la visita surge con el fin de poder integrar en la misma los conocimientos asociados a varias asignaturas del grado de Arquitectura Técnica, desde los conceptos más generales de la construcción sostenible, a la economía circular y la implementación de una organización de obra en un entorno complicado. El proyecto elegido parece cumplir con todos estos desafíos: se trata de una compleja rehabilitación, en la que se implementan los principios de la sostenibilidad y eficiencia energética, dado que se remoza el mismo bajo los estándares

Passivhaus. Asimismo, la complejidad de la obra también radica en combinar la continuidad en la actividad del edificio mientras se trabaja el ella y, bajo la presión del cumplimiento de unos plazos de una licitación pública en un edificio muy sensible. (Tréllez-Solís, 2006)

La actividad fue diseñada y liderada por profesores asociados de asignaturas de distintos cursos, demostrando un enfoque transversal, participaron profesores de las asignaturas de Organización de Obras, Construcción Sostenible, y Gestión de la Calidad y Medio Ambiente. Fue imprescindible el trabajo como jefe de Obra del Proyecto de uno de los profesores asociados, ya que permitió explorar de una forma directa e incisiva la obra, conociendo de primera mano los entresijos de esta.

Esta colaboración, es un elemento innovador en sí mismo, ya que obliga a los estudiantes a integrar los conocimientos que, de forma tradicional, se adquieren de manera aislada en el aula.

3.1 Metodología experiencial y modelos integrados

Como se ha venido explicando en los puntos anteriores, para el desarrollo de la visita fuera del aula se emplearon dos tipos de metodologías diferentes. Por un lado, se buscaba la ruptura de la barrera existente entre los conocimientos teórico-prácticos, que pueden verse en la universidad y el ejercicio real de la profesión, que en este caso podía verse en el aula. Para ello, la presencia del profesor asociado, que a su vez ejercía como profesional en la empresa que desarrollaba la obra, fue esencial, dado su conocimiento profundo del proyecto y de la realidad física que se estaba llevando a cabo.



Figura 2. Cubierta con subestructura para paneles fotovoltaicos

No obstante, previo a la visita de obra, se tuvo que realizar una labor de organización, en la que se involucraron los distintos profesores de las asignaturas involucradas.

Para ello se realizaron una serie de reuniones en la que se buscaron cumplir una serie de principios. Por un lado, se realizaron una serie de premisas, en las cuales se iban a mostrar a los alumnos distintos problemas que habían surgido en la obra y, a partir de ellos, como se plantearían ellos mismos su solución. Estas premisas debían cumplir unos requisitos: involucrar los conocimientos adquiridos a lo largo de su estancia universitaria y estar relacionados con la labor docente de las tres asignaturas, previamente relacionadas.

De esta manera se priorizaba el aprendizaje significativo de los alumnos, integrando los conocimientos de varias materias diferentes y permitiendo ver la solución final, en una especie de Metodología del Caso en su versión más abreviada.

De esta forma se buscaba alcanzar los siguientes hitos:

- **Contextualización del aprendizaje**: Los estudiantes podrían observar cómo las decisiones de diseño y gestión se traducen en soluciones constructivas reales, entendiendo que existen limitaciones a la hora de poder implementarlas en obra y cómo es necesario darles solución en un contexto de limitación temporal y logística.
- **Transferencia de conocimientos:** Se permitiría visión directa de las soluciones llevadas a cabo, eliminando las situaciones controladas que se suelen dar en el aula y permitiendo ver la aplicación real de normativa y conocimientos en el contexto de su futuro espacio de trabajo.

- **Aprendizaje participativo**: Se mostrarían a los alumnos que en su futuro lugar de trabajo no son los únicos responsables, sino que existen varios profesionales y distintos trabajadores que pueden aportar conocimientos y soluciones. En todo momento se exploraría la interacción con los alumnos a través de preguntas específicas para que en ellos surgiera el interés en cómo y porqué se han implementado ciertas soluciones.
- **Aprendizaje integrado:** El alumno va a tener una visión integral de la obra. Dado que se trata de una actuación de rehabilitación, en un edificio de grandes dimensiones, este se encuentra en sus distintas fases de actuación de forma simultánea. Con esta visión en conjunto de toda la obra, podrían tener constancia de como las actuaciones que tienen lugar al principio de esta tienen consecuencias al final de esta y cómo es necesario realizar actuaciones en situaciones no previstas o como posponer las mismas para centrar los esfuerzos en otras áreas.

El fin último que se buscaba con estas metodologías era impulsar la motivación del alumnado y facilitar un aprendizaje significativo del proceso edificatorio en su conjunto.

3.2 Resultados esperados en relación con el currículo

La visita a la obra planteada obra planteaba la revisión de una serie de conocimientos, relacionados, no solo con las asignaturas de los profesores involucrados en la misma, sino que también con algunos de los pilares de la construcción actualmente:

- **Soluciones constructivas reales e innovadoras:** Los estudiantes podrían observar cómo se ejecutan varias soluciones mediante sistemas complejos, como el revestimiento de fachada tipo GRC (Glass Fibre Reinforced Cement) o la cubierta plana mediante una nueva cubierta ecológica. Estas soluciones, que difícilmente pueden verse en edificios más habituales, podrían verse de forma parala junto con las soluciones existentes en el inmueble y permitir la comparación entre la construcción de los años ochenta, con sus complejidades. Bajo este paraguas, se trascendía el alcance de las asignaturas de los profesores organizadores, centrándonos en otras asignaturas de las ramas de construcción.
- **Estrategias de sostenibilidad y eficiencia energética:** Dado el avance de la obra en el momento que se planteaba la visita, las mejoras en las instalaciones no se iban a poder ver ya que no se habían llevado a cabo. Sin embargo, se podrían observar todas las estrategias desde el punto de la rehabilitación basada en el *estándar Passivhaus*. La obra, podría servir para que los alumnos observen como implementar las soluciones con los más altos requerimientos de eficiencia energética y como se había tenido que solventar ciertos problemas no contemplados en el proyecto. (Cebrián y Junyent, 2014).

  También se mostró a los alumnos como valorizar ciertos residuos generados en la obra, implementando así la economía circular. De esta manera se trataron de forma transversal distintos aspectos de las asignaturas de Construcción Sostenible y Gestión de la Calidad y el Medio Ambiente.
- **Gestión de plazos:** La obra, en si misma suele ser una lucha contra el tiempo para evitar el aumento de los costes. En este caso, dado que la financiación de la obra procede de los fondos *Next Generation* y existe un plazo muy ajustado por parte de la administración para justificar el coste de los mismo, la organización de obra y optimización de plazos iba a ser crucial. La idea era mostrar a los alumnos la necesidad de conocer perfectamente el proceso constructivo y poder optimizar la obra gracias a una gestión adecuada de todos los equipos y fases. Este aspecto es clave para la asignatura de Organización de Obras, exponiéndose las tensiones que se dan durante la obra en un doble plano: por un lado, los agentes de esta entre si y por otro entre la calidad y el tiempo.

4. RESULTADOS Y VALORACIÓN DEL APRENDIZAJE

Los resultados obtenidos de esta experiencia de aprendizaje experiencial corroboran, por un lado, el valor del profesor asociado como nexo entre el ámbito universitario y el mundo profesional. La visita, efectuada gracias a la conexión de uno de ellos con la empresa adjudicataria de la obra, pudo verse en profundidad y

sabiendo perfectamente todas las soluciones implementadas en la misma, gracias a su labor, lo cual hubiera sido diferente en otro contexto.

Por otro lado, durante la visita se pudo ver el impacto positivo de la misma. Los principales resultados obtenidos, gracias a la visita, son los siguientes:

- **Motivación:** Fue tangible, gracias a la participación activa durante toda la visita, del aumento en la motivación de los alumnos, con numerosas situaciones de aprendizaje significativo, en las cuales los alumnos observaban, comprendían y analizaban críticamente.
- **Comprensión del proceso edificatorio:** Los alumnos tenían una visión desacertada de cómo es el proceso edificatorio, interpretando el mismo como cápsulas estancas en las cuales se finaliza una tarea y se comienza la siguiente. La visita promovió un cambio en esa concepción, permitiendo a los alumnos observar la obra como un proceso integral en el que se entrelazan los distintos profesionales y como es muy necesaria una correcta organización de la obra basada en un conocimiento profundo de la misma.
- **Comprensión de la labor del Arquitecto Técnico en la obra:** La labor del arquitecto técnico es muy variada, sin embargo, los alumnos no tenían una visión clara de su función en la obra. Por ello se les permitió comprender cual es la función de los distintos agentes en la obra y como su visión es diferente dependiendo de los intereses en la misma.

Para valorar la efectividad de la actividad no se consideró necesario la emisión de un informe posterior a la visita, dado que fue patente la motivación de estos, posteriormente corroborado en las encuestas docentes, con las cuales se confirma el interés de los alumnos en las asignaturas donde se llevan a cabo este tipo de aprendizaje que permite un afianzamiento de los conceptos dados en las asignaturas, los cuales trascienden al recuerdo memorístico de la visita.

5. CONCLUSIONES

La figura del profesor asociado desempeña un papel esencial en la docencia universitaria, especialmente en los grados técnicos, al actuar como punto de encuentro entre dos ámbitos, muchas veces estancos entre sí: el profesional y el académico. En esta comunicación se ha tratado de mostrar como el rol desempeñado por estos docentes no hace más que mejorar la experiencia docente de los alumnos, permitiendo una transferencia de conocimiento actualizado y con una conexión directa con el mundo profesional.

Esta simbiosis, como se ha venido mostrando, se hace muy importante en todos aquellos grados técnicos en los cuales la conexión con el mundo profesional se vuelve prácticamente una exigencia. Los profesores asociados son, por lo tanto, una figura de gran importancia dentro del sistema universitario español, disponiendo de una muy alta cualificación y experiencia laboral. No obstante, la baja remuneración y una alta inestabilidad laboral suponen un alejamiento de algunos de los grandes profesionales que prefieren invertir su tiempo en su carrera profesional en vez de compartirla con los alumnos universitarios

Por otro lado, se ha presentado el caso para mostrar la capacidad del profesor asociado de servir de agente de innovación docente, gracias a su actividad profesional. Para ello se trasladó el centro docente a la propia obra, y se mostró a los alumnos una visión de primera mano de las soluciones constructivas, las estrategias de sostenibilidad y el desafía que supone la organización de obra para una gestión de plazos ajustada a las obligaciones derivadas de licitaciones de obra pública.

Los resultados obtenidos han evidenciado el alto valor que los alumnos dan a este tipo de experiencias y, como en ellos el profesor asociado aporta un alto valor añadido a la misma, reafirmando su capacidad de contextualizar el aprendizaje teórico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campos, N. (2020, 2 de junio). *El profesorado asociado: ¿verdadero o falso?* Universídad. El blog de Studia XXI. https://www.universidadsi.es/el-profesor-asociado-verdadero-o-falso/

Cebrián-Bernat, G. y Junyent-Pubill, M. (2014). Competencias profesionales en Educación para la Sostenibilidad: un estudio exploratorio de la visión de futuros maestros. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De investigación Y Experiencias didácticas*, *32*(1), 29–49. doi: https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.877

García Escudero, Daniel; Bardí Milà, Berta, eds. *"VI Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'18), Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza, 22 y 23 de noviembre de 2018: libro de actas"*. Barcelona: UPC IDP; GILDA; Zaragoza: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza, 2018. ISBN: 978-84-9880-722-6 https://hdl.handle.net/2117/124606

Valiente-López, M., Anta-Fernández, I., y Martínez-Borrell, E. (2008). Innovación docente en la Escuela de arquitectura Técnica de Madrid. En I. Rodríguez Escanciano et al. (coords.), *El nuevo perfil del profesor universitario en el EEES: claves para la renovación metodológica* (pp. 271-286).

Tréllez-Solís, E. (2006). Algunos elementos del proceso de construcción de la educación ambiental en América Latina. *Revista Iberoamericana de Educación*, *41*, 69–81. doi: https://doi.org/10.35362/rie410772

ORGANIZACIÓN Y HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN DE LOS NUEVOS SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA, ECOCONSTRUCCIÓN Y MODULAR 3D. INTERRELACIÓN CON LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

ORGANIZATION AND PROGRAMMING TOOLS FOR NEW INDUSTRIALIZED, ECO-CONSTRUCTION, AND 3D MODULAR CONSTRUCTION SYSTEMS. INTERRELATIONSHIP WITH TRADITIONAL CONSTRUCTION

Miguel López-García [(1)], Javier Garabito López [(2)], Roberto Vallejo-Diez [(3)], Carmelo Muñoz Ruipérez [(4)], José Carlos Garabito-López [(5)]

[1] Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, miguellg@ubu.es
[2] Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, jgarabito@ubu.es
[3] Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, rvdiez@ubu.es
[4] Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, cmruip@ubu.es
[5] Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, jcgarabito@ubu.es

RESUMEN

La construcción actual está en constante evolución y cada día aparecen materiales nuevos, que mejoran y modifican los sistemas constructivos y permiten soluciones prefabricadas en 2D y 3D.

El sector de la construcción industrializada y modular 3D se encuentra en plena transformación tecnológica, impulsada por la integración de materiales innovadores, procesos de fabricación fuera de obra (off-site) y metodologías avanzadas de planificación y control. La formación de los futuros profesionales requiere competencias digitales, conocimiento de herramientas colaborativas y capacidad de anticipación frente a los cambios de programación, costes y sostenibilidad. La industrialización de la construcción obliga a comprender la interrelación entre obra tradicional y nuevos sistemas prefabricados, optimizando el flujo de trabajo, la logística y la gestión de recursos humanos y materiales.

La normativa y la mentalidad profesional se centran hoy en la sostenibilidad, la eficiencia energética y la reducción de la huella de carbono, apoyadas en certificaciones como LEED, BREEAM o Passivhaus.

También han surgido nuevas herramientas digitales y de gestión, como BIM, la planificación 4D y 5D, el Last Planner System o el Lean Construction, junto a software de control económico y planificación. (Prinex, Sigrid, Project, Primavera P6).

Estos cambios han transformado la planificación de obra y el papel del Jefe de Obra, que debe coordinar materiales, tiempos, costes y sostenibilidad, tanto en obra nueva como en rehabilitación.

En resumen, la formación actual requiere que se trabaje la planificación, recursos digitales con una innovación constante, adaptándose a un sector en plena transformación hacia una construcción más eficiente, tecnológica y sostenible.

Palabras clave: *jefe de obra, construcción modular, construcción industrializada, construcción 3D, organización de obras.*

ABSTRACT

Modern construction is constantly evolving, with new materials emerging daily that improve and modify construction systems and enable prefabricated 2D and 3D solutions.

Regulations and professional mindsets are now focused on sustainability, energy efficiency, and reducing the carbon footprint, supported by certifications such as LEED, BREEAM, and Passivhaus.

New digital and management tools have also emerged, such as BIM, 4D and 5D planning, the Last Planner System, and Lean Construction, along with cost control and planning software (Prinex, Sigrid, Project, Primavera P6).

These changes have transformed construction planning and the role of the Site Manager, who must coordinate materials, timelines, costs, and sustainability in both new construction and renovation projects.

In short, current training requires a focus on planning, digital resources, and constant innovation, adapting to a sector undergoing a profound transformation toward more efficient, technological, and sustainable construction

Keywords: *site manager, modular construction, industrialized construction, 3D construction, construction organization*

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción y contexto

La construcción actual está en constante evolución y cada día aparecen materiales nuevos, que mejoran y modifican los sistemas constructivos y permiten soluciones prefabricadas en 2D y 3D.

El sector de la construcción industrializada y modular 3D se encuentra en plena transformación tecnológica, impulsada por la integración de materiales innovadores, procesos de fabricación fuera de obra (off-site) y metodologías avanzadas de planificación y control. La formación de los futuros profesionales requiere competencias digitales, conocimiento de herramientas colaborativas y capacidad de anticipación frente a los cambios de programación, costes y sostenibilidad. La industrialización de la construcción obliga a comprender la interrelación entre obra tradicional y nuevos sistemas prefabricados, optimizando el flujo de trabajo, la logística y la gestión de recursos humanos y materiales.

Cada vez más los proyectos se diseñan con materiales novedosos, como el GRC (Glassfibre Reinforced Concrete), (Figuras 1 y 2), CLT (Cross Laminated Timber), o con paneles de composite reciclado y hormigones avanzados (Figuras 3 y 4). Estas soluciones modifican y mejoran los sistemas constructivos donde se emplean: forjados de grandes luces, fachadas ventiladas, muros cortinas.



Figura 1. Fachada con panel GRC (Fuente: Prehorquisa); Figura 2: Detalle fachada con panel GRC de Prehorquisa en obra de rehabilitación del edificio de la policía local y bomberos de Burgos (Fuente propia)



Figura 3. Cúpulas de la energía, Garray (Soria) (Fuente: GRUPO HERCE)



Figura 4. Cúpulas de la energía, Garray (Soria) (Fuente: GRUPO HERCE)

Estos materiales forman parte y definen nuevos sistemas integrales de la construcción, como pueden ser prefabricados 2D (paneles, muros y forjados), construcción modular 3D o como elementos prefabricados (fabricación off-site) (Figura 5).



Figura 5. Propuesta de baño prefabricado (Fuente: Porcelanosa)

Asimismo, ha cambiado la normativa de aplicación y la mentalidad en cómo se plantean los proyectos, dando especial relevancia a la reducción de la huella de carbono, a la economía circular, eficiencia energética, la gestión de residuos y las certificaciones que controlan estos procesos: LEED, BREEAM, Passivhaus.

A su vez han surgido herramientas nuevas:

- Para la Gestión del proyecto (Project Management):
  Lean Construction, Last Planner System, etc....
- Para el Diseño y planificación digital:
  BIM (Building Information Modeling) como eje de coordinación.
  Planificación 4D y 5D (tiempo y costes).
- Herramientas tecnológicas para facilitar funciones de la obra y/o proyecto:
  Software de modelado paramétrico (Revit, Archicad, Tekla).
  Plataformas colaborativas (Autodesk Construction Cloud, Trimble Connect).
  Integración con sistemas de fabricación (CNC, impresión 3D, robótica).

1.2 El jefe de obra

Los cambios anteriormente enumerados han transformado radicalmente la planificación de obra y el papel del Jefe de Obra, que debe coordinar materiales, tiempos, costes y sostenibilidad, tanto en obra nueva como en rehabilitación (Pham, 2022).

Cuando alumnos del Grado en Arquitectura Técnica finalizan sus estudios universitarios una de las salidas naturales es incorporarse a una empresa constructora, ya sea en producción, estudio o ayudante de jefe de obra, finalizando gran parte de ellos como jefe de obra con la responsabilidad máxima en la misma.

La labor del jefe de Obra ha evolucionado con todos estos avances, no solo en el conocimiento de la correcta puesta en obra de estos materiales y sistemas si no afectando a cambios en la programación, planificación, coordinación de oficios y en la viabilidad económica de la obra (Yepes, 2022).

El jefe de obra ahora debe supervisar la coordinación entre la obra tradicional y los prefabricados, anticipar la fabricación y entrega de módulos, gestionar medios auxiliares para su montaje, asegurar interfaces entre instalaciones y módulos, y controlar que se cumplan los estándares de eficiencia energética

y sostenibilidad. Además, debe supervisar los indicadores de planificación avanzada como el porcentaje de cumplimiento (CCU) y restricciones eliminadas dentro del LPS.

Lo mismo que hemos interiorizado el montaje de prefabricados como pilares o paneles de hormigón debemos familiarizarnos con los procesos de los nuevos elementos prefabricados o el montaje de elementos 2D (premontados en obra o fuera de obra) ya que influyen en la manera de programar la obra no solo en el momento de montaje sino previendo (LPS) el momento en el que se debe tener resuelto por la DF todos los detalles para proceder a realizar el pedido para la fabricación, considerando la relevancia del transporte, la posibilidad de almacenamiento en obra, medios auxiliares para su montaje… Incluso cuando integramos módulos 3D o prefabricados, como pueden ser baños dentro de una obra, con zonas donde se construye de manera tradicional tiene mucha relevancia en la planificación el momento de puesta en obra, la afección de las instalaciones,…

Así como el jefe de producción en fábrica controla la planificación de la producción de módulos, la secuencia de fabricación, la calidad y logística hacia obra, el jefe de instalaciones coordina acometidas, sistemas domóticos, energías renovables, SUDS, integrando sus actividades con la secuencia de montaje y anticipando interferencias, en obra estas figuras, debido a que la industrialización de la construcción gana cada vez más peso.

Otro factor que influye en la evolución que está sufriendo la planificación de la obra es el avance que han tenido las instalaciones (figura 6). Desde la fase de proyecto la ingeniería adquiere gran relevancia en el diseño y posterior control de instalaciones de la obra (aerotermia, domótica, solar…). La influencia del cambio climático hace que se prevean e incorporen los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), pavimentos drenantes, cubiertas aljibe (figura 7),… Todos estos nuevos sistemas y aplicaciones requieren de un conocimiento y previsión para su encaje en la programación global de la obra.



Figura 6. Vista de la cubierta de un edificio con recuperadores, climatizadores, paneles solares. Fuente propia.

Con la incorporación de sistemas prefabricados y el mayor peso de las instalaciones en los nuevos proyectos, las figuras de jefe de producción en obra o jefe de instalaciones adquieren responsabilidad y carga de trabajo.

Todos estos condicionantes adquiere especial relevancia cuando la actuación implica la rehabilitación de un edificio, donde van a coexistir elementos de construcción tradicional con elementos novedosos que en la mayoría de los casos no está pensados para una puesta en obra en edificios preexistentes.

Todo este conjunto de variables nos obliga a realizar una planificación detallada de cada actuación, conocer y analizar las interferencias de los diferentes sistemas constructivos y realizar una previsión pormenorizada de los tiempos y pedidos. Para ello es necesaria una formación especifica y un dominio de herramientas que facilitan y controlan todos estos procesos.



Figura 7. Vista de una cubierta aljibe del edificio. Fuente propia.

2. HERRAMIENTAS DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL

Debido a la evolución de la manera de planificar las obras, es necesario incorporar las nuevas herramientas de planificación que involucran a todos los intervinientes y analizan los procesos desde la fabricación Last Planner System (LPS) (Shehab, 2023) y las herramientas para controlar el alcance, tiempo, costes y determinar la ruta crítica como Microsoft Project (figura 8) o Primavera P6 para obtener cronogramas tipo Gantt.

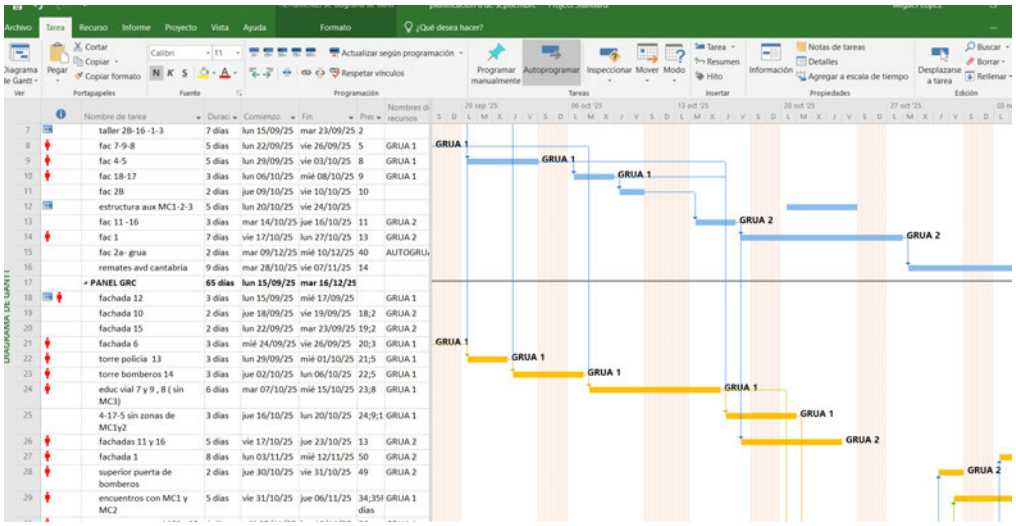


Figura 8. Ejemplo de cronograma tipo Gantt realizado con Microsoft Project. Fuente propia.

De este modo, se tienen en cuenta los factores que influyen en los tiempos de la puesta en obra de los diferentes elementos: diseño → fabricación off-site → transporte → montaje, así como pedidos y logística, y control económico. Mediante indicadores de fiabilidad y flujo nos permiten medir las desviaciones y mejorar la planificación.

Otro de los aspectos que condiciona la labor del jefe de obra, y debe controlar en todo momento, es el análisis continuo de la viabilidad económica de la misma, así como los desvíos que pueden ocurrir durante la ejecución.

Si partimos de un estudio económico inicial para ofertar la obra, en el momento de la adjudicación se analiza la obra, las diferentes partidas, desde los escenarios Actual – Previsto – Optimo (APO). Este estudio se actualiza según avanza la obra con continuos reestudios económicos.

En obra se debe controlar los costos imputados a la misma de proveedores mediante proformas, albaranes, anticipos, retenciones, así como los gastos directos, indirectos ….

Para llevar a cabo estos controles económicos nos tenemos que apoyar en herramientas de software integral de obra como pueden ser Prinex o Sigrid (figura 9).



Figura 9. Ejemplo de planificación económica realizado con Prinex. Fuente propia.

La planificación y el control de la obra que se hacía hace 25 años nada tiene que ver con la que se exige hoy en día. Las condiciones del mercado han cambiado sustancialmente y la previsión en los pedidos adquiere gran importancia. Para una correcta planificación se requiere de un conocimiento detallado ya no solo de los procesos de la obra sino de cómo se implementan los nuevos materiales o instalaciones, dependencias o ligaduras, medios auxiliares y puesta en obra. Está adquiriendo una relevancia notable la planificación de la obra y sus consecuencias en los resultados económicos de la misma.

Esta evolución de la industria de la edificación y la aparición de nuevas herramientas de programación y control nos obliga a un aprendizaje continuo para que los técnicos que se forman en nuestras universidades salgan al mercado laboral con la formación y conocimientos de estos nuevos procesos así como de la influencia en la programación y el conocimiento de las herramientas de gestión, diseño y planificación.

3. DISEÑO DE LA EXPERIENCIA DOCENTE

De acuerdo a lo expuesto en los puntos anteriores, se plantea una experiencia docente en la que los alumnos conozcan las nuevas metodologías de programación, para organizar una obra determinada, empleando las nuevas soluciones constructivas.

3.1 Diseño a nivel teórico

Se plantea una primera toma de contacto de los estudiantes con las herramientas que van a necesitar manejar en obra.

- Incluir en la programación de la asignatura de Organización una planificación de obra con herramienta informática, como puede ser Microsoft Project.
- Justificar los objetivos de aprendizaje: enfoque práctico y competencial, basado en el aprendizaje constructivista, donde el estudiante aprende haciendo. Se busca que el alumnado comprenda y aplique los principios de la planificación y gestión de proyectos mediante el uso de una herramienta digital real, propia del entorno profesional.
- Analizar cómo funcionan y que resultados buscan las herramientas de control económico de la obra. Definir de un presupuesto el A.P.O., el estudio económico, reestudio y el modificado de obra.

3.2 Diseño a nivel practico

Con un ejemplo real de obra, en este caso una actuación que se encuentra en proceso de licitación, se plantea el estudio de la misma, determinando la previsión de subcontratas, dependencias y tiempos. Los pasos son los siguientes:

- Plantear un caso práctico real mediante la realización de una planificación de una obra que se encuentra actualmente licitando.
- A través de la plataforma de contratación del estado, analizar un proyecto real y obtener una planificación con la aplicación enseñada (figura 10).

Los estudiantes aprenden haciendo, enfrentándose a situaciones reales del entorno profesional. Desarrollan competencias técnicas al usar Project y al mismo tiempo aprenden de la experiencia práctica.

Al trabajar en grupos, se fomenta la comunicación, la cooperación y la toma de decisiones conjunta, simulando el trabajo en equipo de una obra real (coordinación entre distintos roles técnicos, como: jefe de grupo, jefe de obra y jefe de producción).

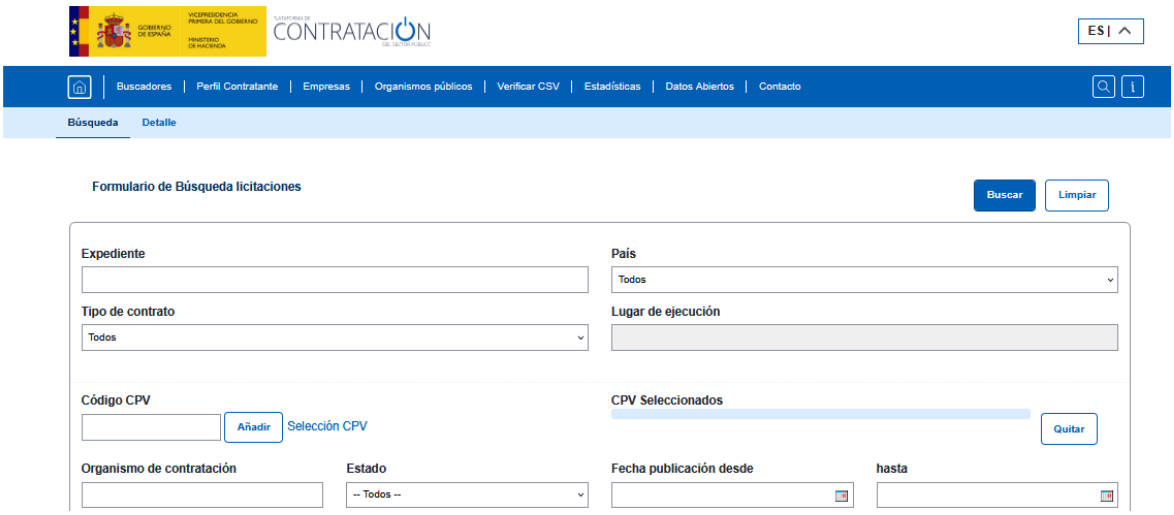


Figura 10. Pantalla de búsqueda de la Plataforma de Contratación del Estado.

4. RESULTADOS Y VALORACIÓN DEL APRENDIZAJE

Una vez completada la experiencia docente, podemos detallar cuales han sido los resultados obtenidos y la valoración del aprendizaje del alumnado.

- Comprender y aplicar los principios de la planificación de obras.
- Manejar eficazmente Microsoft Project para crear, organizar y controlar cronogramas.
- Relacionar teoría y práctica, integrando conocimientos técnicos, económicos y de gestión.
- Trabajar en equipo de forma coordinada, asumiendo distintos roles del ámbito de la construcción.
- Analizar la viabilidad y eficiencia del proyecto, comprendiendo el impacto de las decisiones en tiempos y costes.
- Desarrollar autonomía, pensamiento crítico y responsabilidad profesional en la gestión de proyectos.

5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Finalmente, como conclusiones y líneas futuras de actuación, podemos plantear las siguientes:

- Resumir el impacto de la experiencia en la innovación docente.
- Formación practica y real del alumno en sus últimos cursos como puente entre la docencia universitaria y la práctica profesional.
- Proponer ideas para consolidar este tipo de colaboraciones en el currículum de los grados en Edificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Pham H, Pham T, Dang CN (2022), Assessing the importance of transformational leadership competencies and supply chain learning to green innovation: construction practitioners' perspectives. *Construction Innovation: Information Process Management*, Vol. 22 No. 4 pp. 1138–1154, doi: https://doi.org/10.1108/CI-03-2021-0037

Shehab, L., Al Hattab, M., Khalife, S., El Samad, G., Abbas, Y., & Hamzeh, F. (2023). Last Planner System Framework to Assess Planning Reliability in Architectural Design. Buildings, 13(11), 2684. https://doi.org/10.3390/buildings13112684

Yepes, V. (2022). Gestión de costes y producción de maquinaria de construcción. Universidad Politécnica de Valencia.

CHALLENGES IN UNIVERSITY MANAGEMENT IN THE 21ST CENTURY

OPTIMIZACIÓN CURRICULAR Y ESTRATEGIAS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN EL GRADO EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN (UCLM): EL PROYECTO ACTIEMD-GIE

CURRICULAR OPTIMIZATION AND EDUCATIONAL INNOVATION STRATEGIES IN THE BUILDING ENGINEERING DEGREE: THE ACTIEMD-GIE PROJECT

David Valverde Cantero[(1)], Jesús González-Arteaga[(2)], María Segarra [(3)], David Sanz [(4)]

[1] Departamento de Ingeniería Civil y de Edificación. Escuela Politécnica de Cuenca. Cuenca. España. david.valverde@uclm.es
[2] Departamento de Ingeniería Civil y de Edificación. Escuela Politécnica de Cuenca. Cuenca. España. jesus.garteaga@uclm.es
[3] Departamento de Ingeniería Civil y de Edificación. Escuela Politécnica de Cuenca. Cuenca. España. maria.segarra@uclm.es
[4] Departamento de Ingeniería Geológica y Minera. Escuela Politécnica de Cuenca. Cuenca. España. david.sanz@uclm.es

RESUMEN

El proyecto ACTIEMD-GIE adapta el Grado en Ingeniería de Edificación (GIE) de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) para responder a las exigencias del Real Decreto 822/2021 y a los avances normativos y tecnológicos del sector. Su objetivo es integrar metodologías pedagógicas innovadoras, herramientas digitales avanzadas y competencias clave en interdisciplinariedad, sostenibilidad y digitalización, asegurando una formación alineada con las demandas profesionales contemporáneas.

Para ello, se llevó a cabo un análisis comparativo exhaustivo de planes de estudio nacionales e internacionales, identificando tendencias clave y estableciendo nuevas competencias formativas. Se priorizó el uso de tecnologías emergentes como BIM, herramientas de simulación y estrategias metodológicas de innovación docente específicas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Se implementaron seis asignaturas proyectuales (30 ECTS), combinando el enfoque práctico con el desarrollo de habilidades críticas para el sector. Paralelamente, se desarrolló un plan de formación docente para garantizar la integración efectiva de estos cambios, acompañado de consultas a agentes del sector, estudiantes y egresados.

Las modificaciones incluidas en el nuevo plan de estudios generarán mejoras en la coordinación docente, optimización del aprendizaje y fortalecimiento del perfil de egreso en función de las demandas del mercado laboral. Se espera conseguir un aumento en la aplicabilidad de los conocimientos adquiridos, favoreciendo una transición más eficiente del ámbito académico al profesional. La reforma ha sido validada por los órganos académicos y se implementará de manera progresiva, asegurando su viabilidad y sostenibilidad.

ACTIEMD-GIE representa un avance en la modernización de la enseñanza de la Ingeniería de Edificación, consolidando un modelo educativo innovador, centrado en la digitalización, la sostenibilidad y la empleabilidad de los egresados.

Palabras clave: *modificación plan de estudios, aprendizaje basado en proyectos, asignaturas proyectuales*

ABSTRACT

The ACTIEMD-GIE project adapts the Building Engineering Degree (GIE) at the University of Castilla-La Mancha (UCLM) to meet the requirements of the Spanish university regulation RD 822/2021 and the latest regulatory and technological advancements in the sector. Its objective is to integrate innovative pedagogical

methodologies, advanced digital tools, and key competencies in interdisciplinarity, sustainability, and digitalization, ensuring training aligned with contemporary professional demands.

To achieve this, a comprehensive comparative analysis of national and international curricula was conducted, identifying key trends and establishing new training competencies. The use of emerging technologies such as BIM, simulation tools, and specific methodological strategies for teaching innovation like Project-Based Learning (PBL) was prioritized. Six project-based courses (30 ECTS) were implemented, combining a practical approach with the development of critical skills for the sector. Simultaneously, a faculty training plan was developed to ensure the effective integration of these changes, supported by consultations with industry professionals, students, and graduates.

The modifications introduced in the new curriculum will enhance faculty coordination, optimize learning processes, and strengthen graduate profiles in line with labor market demands. The expected outcome is an increase in the applicability of acquired knowledge, facilitating a more efficient transition from academia to professional practice. The reform has been validated by academic bodies and will be implemented progressively to ensure its feasibility and sustainability.

ACTIEMD-GIE represents a significant advancement in the modernization of Building Engineering education, consolidating an innovative educational model centered on digitalization, sustainability, and employability for graduates.

Keywords: *Educational innovation, project-based learning, active methodologies*

1. INTRODUCCIÓN

En el curso 2009-2010 la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) implantó el Grado en Ingeniería de Edificación (GIE) en la Escuela Politécnica de Cuenca, adaptando los estudios de Arquitectura Técnica, impartidos desde 1994, al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Desde entonces, el título ha evolucionado conforme a los cambios sociales y legislativos, superando con éxito las verificaciones establecidas por el Real Decreto 1393/2007 y sus sucesivas modificaciones.

De manera paralela, el sector de la edificación ha evolucionado hacia la sostenibilidad y la incorporación continuada de tecnología. Entre las normativas de mayor impacto para los graduados en Ingeniería de Edificación cabe destacar la obligatoriedad de la metodología BIM en licitaciones públicas desde diciembre de 2018, Orden PCM/818/2023 y la aprobación del Plan BIM en contratación pública en junio de 2023 (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023)..También resultan significativas, y las revisiones del Código Técnico de la Edificación, Real Decreto 314/2006, junto al Código Estructural de 2021, Real Decreto 470/2021, que refuerzan los criterios de eficiencia energética, gestión de recursos y economía circular. Estas exigencias requieren perfiles formativos mejor capacitados en digitalización avanzada, eficiencia energética y economía circular.

Los docentes del GIE han respondido a estas demandas incorporando nuevas estrategias y metodologías en el plan de estudios, siempre en línea con la memoria verificada del título y las competencias definidas en la Orden ECI/3855/2007, que habilita para la profesión regulada de Arquitecto Técnico. Prueba de esta adaptación son proyectos de innovación docente desarrollados en paralelo al currículo oficial, como el Aula BIM-Cuenca (Valverde, 2021), Smart PoliTech: Eficiencia Energética para Gestión, Docencia e Investigación en Edificios Públicos Universitarios (2019–2021), el trabajo colaborativo BIM en el GIE (2017–2019) (Valverde, 2021) y el diseño objetivo del programa académico para la coordinación del GIE (2015–2016) (Segarra, et al. 2019).

La innovación curricular en las titulaciones de Ingeniería de Edificación ha experimentado un notable desarrollo en las últimas décadas. Diversas universidades españolas han implementado proyectos similares de modernización curricular, como el desarrollado por la Universidad de Burgos a través de su Grupo de Innovación Docente en Ingeniería de Edificación, que ha trabajado en la adaptación de metodologías tradicionales al Plan Bolonia desde 2010. La Universidad Politécnica de Catalunya ha sido pionera en la implementación de asignaturas tipo taller semestrales en su plan de estudios de 2019 (Rodríguez-Cantalapiedra & Rodríguez, 2021), mientras que la Universidad de Sevilla ha desarrollado estrategias de coordinación horizontal y vertical para el Grado en Edificación. Experiencias internacionales como las desarrolladas en la Universidad del País Vasco con la aplicación de la metodología ABP en asignaturas de Construcción y los proyectos de digitalización BIM implementados en múltiples universidades europeas han

demostrado la efectividad de estos enfoques innovadores. Estos antecedentes confirman la pertinencia y oportunidad de la propuesta de actualización del plan de estudios del grado en el contexto actual de transformación educativa del sector de la edificación.

Con el fin de alinear el plan de estudios con el nuevo Real Decreto 822/2021, de 28 de septiembre, que regula la organización de las enseñanzas universitarias y su aseguramiento de calidad, se puso en marcha el proyecto de innovación docente titulado Actualización e Innovación de Estrategias Metodológicas Docentes en el Plan de Estudios del Grado en Ingeniería de Edificación, en adelante ACTIEMD-GIE. Este proyecto se sustentó en tres ejes: el Sistema Interno de Garantía de Calidad, la coordinación docente vertical y horizontal, y la participación colectiva del profesorado, con el objetivo de alcanzar el mayor consenso posible y garantizar un plan de estudios integrado y coherente.

2. OBJETIVOS

ACTIEMD-GIE persiguió, en primera instancia, la elaboración de un análisis comparativo exhaustivo de los planes de estudio nacionales e internacionales en titulaciones de Ingeniería de Edificación y disciplinas afines, con el fin de identificar las tendencias emergentes y detectar posibles carencias formativas. Este diagnóstico permitió fundamentar la redefinición curricular sobre bases objetivas, asegurando la coherencia entre las competencias desarrolladas en la UCLM y las demandas reales del mercado profesional.

Partiendo de este diagnóstico, se procedió a la reorganización de los contenidos académicos en tres áreas clave: sostenibilidad, digitalización e interdisciplinariedad. En materia de sostenibilidad, se integran principios de economía circular, eficiencia energética y evaluación del ciclo de vida de los materiales y edificios, con énfasis en herramientas de simulación y certificación energética y ambiental. En cuanto a digitalización, se incorporan competencias avanzadas en modelado de información de edificación (BIM), realidad virtual aplicada al proyecto y gestión de datos a través de plataformas colaborativas. La dimensión interdisciplinar se refuerza mediante la inclusión de casos prácticos que integren conocimientos de ingeniería estructural, instalaciones y urbanismo, propiciando una visión holística del proceso constructivo.

Para favorecer la adquisición activa de estas competencias, se diseñan estrategias metodológicas de innovación docente específicas basadas en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), en los que los estudiantes desarrollarán proyectos y obras reales o simuladas bajo metodologías y estándares de trabajo colaborativo. Estas formaciones contemplarán fases de planificación, ejecución y evaluación conjunta, fomentando el trabajo en equipo y la resolución de problemas complejos.

Finalmente, se implementa un programa de desarrollo profesional para el profesorado que combine talleres prácticos, seminarios especializados y tutorías individuales. Este programa asegurará la asimilación de las nuevas metodologías docentes y el manejo de las herramientas digitales, garantizando así la calidad y la sostenibilidad del proceso formativo a largo plazo.

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de los trabajos, la Comisión Docente de Coordinación de la Escuela Politécnica de Cuenca estableció una estrategia que generó distintas áreas de estudio de la situación de partida. Se realizó una fase de diagnóstico exhaustiva (González-Arteaga et al., 2024). Una de las primeras actividades fue la revisión de los planes de estudio vigentes en todas las universidades que imparten el grado con competencias profesionales en Arquitectura Técnica. Se observó un esquema muy similar entre ellos, derivado del sometimiento a la Orden ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico, siendo la propuesta más innovadora la de la Universidad Politécnica de Catalunya de 2019 (Rodríguez-Cantalapiedra & Rodríguez, 2021), con asignaturas tipo taller semestrales. En paralelo, se exploró el perfil profesional mediante revisión bibliográfica de los estudios sobre las necesidades formativas en el sector de la construcción y de los técnicos profesionales de la arquitectura y servicios técnicos, junto con la información facilitada por los colegios profesionales. Se analizaron, mediante encuestas a estudiantes, egresados, profesorado y distintos agentes del sector de la edificación, la aplicabilidad de los estudios cursados, así como los puntos fuertes y las carencias detectadas en relación con la formación recibida. El profesorado del grado, como experto en las competencias impartidas y consciente de los cambios acaecidos, evaluó posibles modificaciones recogidas mediante encuestas. Finalmente, se generó una valoración de los

aspectos a mejorar en la formación según el perfil de los demandantes: estudiantes, egresados, profesorado, empresas, otras universidades y expertos. Estas acciones se presentaron en una jornada de reflexión docente con la participación de todo el profesorado, donde se realizó un análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) que sirvió de base para el desarrollo de la nueva propuesta del Plan de Estudios.

En este contexto nació el proyecto ACTIEMD-GIE, como propuesta de innovación docente en la que participaron todos los profesores del grado. El proyecto incluía las diversas actividades que se recogen a continuación (Tabla 1).

Tabla 1. Actividades incluidas en el proyecto de innovación docente ACTIEMD-GIE

Actividad	Participantes	Responsable
Elaboración y discusión de propuestas	Todo el profesorado	Jefe de estudios, Subdirectora y Director del proyecto
Diseño de talleres por curso	Responsables de materias	Jefe de estudios, Subdirectora y Director del proyecto
Formación en metodologías de innovación docente	Todo el profesorado	Coordinador de Titulación-Director del proyecto
Inclusión de estrategias metodológicas de innovación docente específicas	Responsables de materias	Jefe de estudios, Subdirectora y Director del proyecto
Redacción propuesta modificación plan de estudios	Responsables de materias, Coordinador de Titulación y Jefe de estudios	Coordinador de Titulación-Director del proyecto
Difusión y comunicaciones	Todo el profesorado	Coordinador de Titulación-Director del proyecto

En reuniones de trabajo grupales y por curso se establecieron los objetivos formativos necesarios para elaborar la propuesta. Los nuevos objetivos se centraron en revisar y actualizar contenidos académicos y metodologías docentes, alineándolos con las demandas profesionales reales y con el RD 822/2021, e incrementando la implicación del profesorado y la motivación de estudiantes y docentes. Además, se promovió la coordinación horizontal y vertical de los conocimientos, se impulsaron prácticas externas y visitas de obra mediante un seminario de oficios, y se definieron con mayor precisión las competencias genéricas. Finalmente, se apostó por formar especialistas en tecnologías actuales, incluyendo software específico y entornos BIM.

Una vez recopilada toda la información y elaborados los informes de cada área, se celebró una nueva jornada de reflexión docente con amplia participación del profesorado. Durante esa sesión, y con base en los datos obtenidos, se desarrolló la nueva propuesta del Plan de Estudios. Se contó con especialistas que explicaron al profesorado los elementos esenciales de las metodologías docentes actuales, con especial atención al aprendizaje basado en proyectos y su incorporación transversal en titulaciones afines. Para ello, se organizó una formación con dos ponencias principales: “Aprendizaje basado en proyectos: aspectos esenciales”, dirigida por Miguel Valero García, catedrático del Departamento de Arquitectura de Computadores de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Aeroespacial de Castelldefels; y “Metodología docente en formato taller: barreras y oportunidades”, impartida por Montserrat Bosch, arquitecta técnica, doctora en Sostenibilidad y profesora de la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona (UPC).

A continuación, se seleccionaron para el currículo formativo nuevas estrategias metodológicas de innovación docente adaptadas a las necesidades vinculadas a las nuevas tecnologías y a las demandas del sector y de la sociedad. Este trabajo se fundamentó en el protocolo de evaluación para la inclusión de estrategias metodológicas específicas en títulos oficiales de Grado y Máster, basándose en el aprendizaje por proyectos o casos prácticos y en el desarrollo del trabajo colaborativo y cooperativo.

En la fase final se redactó la propuesta de modificación del plan de estudios conforme a los modelos establecidos. Para elaborar la memoria de solicitud de verificación del título oficial, los responsables de las materias completaron sus apartados específicos y colaboraron con los responsables del título. Sobre el documento se llevaron a cabo varias jornadas de trabajo en las que profesorado y delegación de estudiantes realizaron aportaciones para su mejora. Destaca también la labor de difusión entre el estudiantado para asegurar una futura implantación que atendiera sus necesidades, sin perjudicar a los alumnos actuales y resultando atractiva para los futuros.

4. RESULTADOS

Del conjunto de trabajos realizados y del proyecto ACTIEMD-GIE ha surgido una propuesta de modificación del plan de estudios del Grado en Ingeniería de Edificación que atiende de manera rigurosa a los requerimientos de actualización detectados y a la normativa vigente. Dicha propuesta incorpora una innovación docente global fundada en el aprendizaje basado en el trabajo por proyectos o casos prácticos y en el desarrollo del trabajo colaborativo y cooperativo; el esquema definitivo contempla seis asignaturas denominadas "Talleres Proyectuales" (TP), distribuidas a lo largo de la titulación y que suman un total de 30 créditos ECTS (Tabla 2). Si a esta carga se añaden el Trabajo Fin de Grado y las Prácticas Académicas Externas, los componentes de carácter práctico alcanzan el 20 % del total de la titulación, lo cual evidencia la relevancia atribuida a esta metodología docente dentro del programa. A pesar de esta redistribución, se mantienen íntegros los objetivos, competencias y resultados de aprendizaje definidos en la Orden ECI/3855/2007, lo que garantiza que no se altera la naturaleza, objetivos ni características fundamentales del título.

Tabla 2. Comparativa general propuesta modificación del plan de estudios con distribución de los créditos ECTS. FB: formación básica, FO: obligatoria, OP: optativa, PE: prácticas externas, TFG: trabajo fin de grado

	PLAN DE ESTUDIOS OFICIAL	**PROPUESTA PLAN DE ESTUDIOS**
FB	60	60
FO	150	162
OP+PE	18	6
PE	opcional	opcional
TFG	12	12
TOTAL	240	240

En los nuevos talleres proyectuales se busca permitir aplicar en casos concretos los conceptos teóricos, enfrentándose a problemas reales con un enfoque multidisciplinar y colaborativo, lo que facilitará la integración de conocimientos y la progresión de competencias a lo largo de la titulación. Los "Talleres Proyectuales" (TP) (Figura. 1) plantearán al alumnado un desafío, relacionado con la Ingeniería de Edificación, para el que no existirá una única solución y que requerirá una aproximación transversal. En ellos, cada estudiante deberá realizar un análisis riguroso, proponer diversas alternativas de resolución y colaborar en grupo, al mismo tiempo que ejerce sus capacidades de comunicación para exponer las propuestas al profesorado y a sus compañeras y compañeros. La adquisición de contenidos y el desarrollo de competencias y habilidades se logrará a partir de la resolución del problema "real" mediante un proyecto de ingeniería, que sólo podrá afrontarse si el estudiantado combina teoría y práctica y aplica los métodos y técnicas adecuados para alcanzar la solución óptima. Estas asignaturas elevarán la motivación del alumnado y aumentará el grado de multidisciplinariedad y de practicidad de la formación. Con ella se conseguirán muchos de los objetivos y resultados de aprendizaje previstos, difíciles de alcanzar mediante asignaturas dominadas por la docencia magistral. Además, la temporalización de las materias teóricas y de las basadas en proyectos o casos prácticos se ha diseñado para que exista complementariedad y se potencien las sinergias entre ambas modalidades.

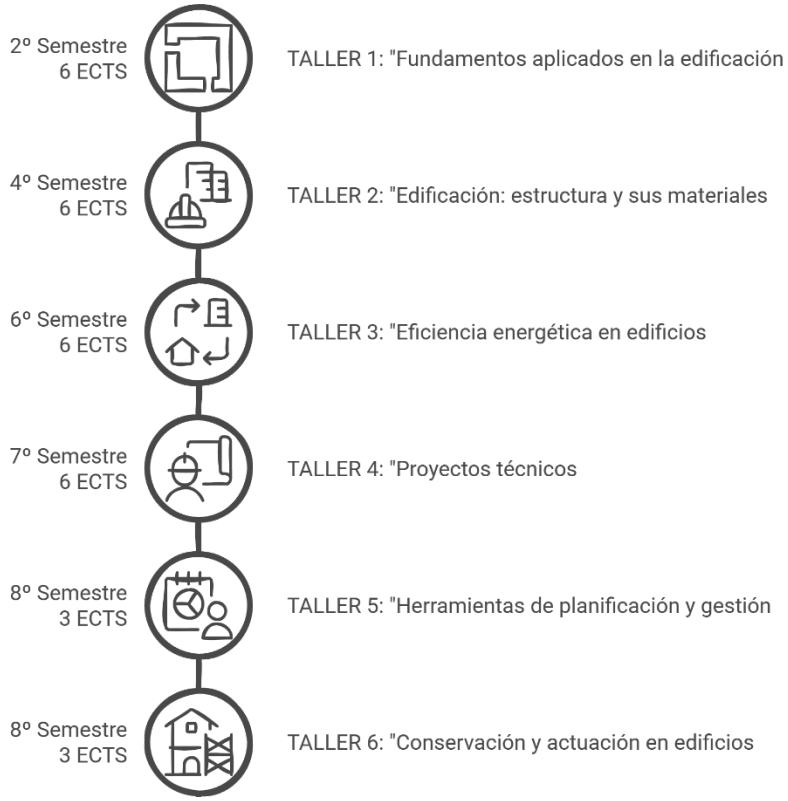


Figura 1. Esquema conceptual de la organización y evolución a lo largo de la formación del estudiante de los talleres proyectuales propuestos para el Grado en Ingeniería de Edificación

Se han reducido las asignaturas de 9 a 6 créditos para trasladar parte de sus contenidos y competencias a los talleres proyectuales. Asimismo, varios créditos optativos pasan a ser obligatorios, centrados en gestión del proceso, rehabilitación e intervención en el patrimonio, eficiencia energética, y seguridad y salud en el trabajo, atendiendo a la demanda de profesionales con esos perfiles. Además, se mantiene una oferta optativa que complementa la formación básica y específica, orientada a una especialización abierta, multidisciplinar y de aplicación directa en el ámbito profesional. En la Tabla 3 se muestran los módulos del plan y los créditos asignados.

Tabla 3. Módulos del nuevo plan de estudios de Ingeniería de Edificación

Módulo	Créditos ECTS
Fundamentos científicos	30
Expresión gráfica	24
Empresa y Derecho	12
Estructuras e instalaciones	30
Técnicas y tecnología de la edificación	48
Gestión constructiva, urbanística y economía	48
Talleres proyectuales y proyectos técnicos	30
Optativas	6
Trabajo Fin de Grado	12

Las actividades formativas del nuevo plan de estudios cubren una gran variedad de materias. En las asignaturas de carácter convencional, sobre todo las de Formación Básica, concentradas en los primeros semestres, predominan la enseñanza presencial teórica y práctica, el estudio individual para pruebas y, de forma ocasional, actividades en laboratorios o aulas de informática. En cambio, en las asignaturas de “Taller Proyectual” prima la participación activa: debates en clase, resolución de problemas o casos y realización de talleres o seminarios. Se ha diseñado una distribución equilibrada de estas modalidades a lo largo de cada

cuatrimestre, garantizando al menos 6 créditos ECTS de talleres proyectuales desde el segundo cuatrimestre del primer curso.

Las metodologías docentes, recogidas en la tabla 4, también reflejan esa diversidad y refuerzan el aprendizaje basado en proyectos y casos reales. En los talleres proyectuales son habituales el trabajo en grupo, el aprendizaje cooperativo y colaborativo, y la presentación de memorias, informes o trabajos. En el resto de las asignaturas se incorporan metodologías activas que otorgan protagonismo al alumnado, aunque el método expositivo y la lección magistral mantienen su peso en las asignaturas más tradicionales y conceptuales. La enseñanza presencial práctica consiste en la resolución de problemas, ejercicios o diseños de elementos de ingeniería, mientras que la presencial teórica se centra en exponer los principios fundamentales de cada materia. Las prácticas académicas externas, optativas en el Grado en Ingeniería de Edificación, implican trabajo en obra o en terreno y desplazamientos fuera de la sede de la Escuela. La tutorización académica y la tutorización en la empresa mantienen un contacto continuo, según el convenio de prácticas. Todo el proceso, búsqueda de empresas, firma de convenios y seguimiento de metodologías docentes, está supervisado por la coordinación de prácticas académicas externas del título.

Tabla 4. Catálogo de Metodologías Docentes en el nuevo plan de estudios de Ingeniería de Edificación

Metodologías docentes	
Aprendizaje basado en problemas/proyectos	Prácticas
Aprendizaje cooperativo/colaborativo	Presentación de memorias, informes o trabajos
Contrato de aprendizaje	Pruebas de evaluación formativa
Creación de mapas conceptuales	Resolución de problemas y/o casos
Debates	Talleres y Seminarios
Estudio de casos	Trabajo autónomo
Lectura y análisis de artículos y recensiones	Trabajo dirigido o tutorizado
Método expositivo/Lección magistral	Trabajo en grupo

Como resultado de este proceso, se elaboró una modificación del plan de estudios del Grado en Ingeniería de Edificación, aprobada por los departamentos docentes y la Junta de Centro de la Escuela Politécnica de Cuenca; por la Comisión de Reforma de Títulos, Planes de Estudio y Transferencia de Créditos de la Universidad de Castilla-La Mancha y por su Consejo de Gobierno, y ha obtenido evaluación favorable de la Agencia Nacional de Evaluación y Acreditación, ANECA.

5. CONCLUSIONES

El proyecto ACTIEMD-GIE ha culminado en el diseño de estructuras curriculares específicas y de innovación docente que articulan de forma coherente y sinérgica metodologías activas y tecnologías avanzadas, con el propósito de reforzar tanto la coordinación vertical como horizontal entre las diferentes asignaturas del Grado en Ingeniería de Edificación en la Escuela Politécnica de Cuenca. Mediante la incorporación progresiva de asignaturas tipo taller basadas en el Aprendizaje por Proyectos, se ha conseguido aumentar la aplicabilidad práctica de los conocimientos teóricos al integrar de manera escalonada y simultánea elementos tan diversos como geometrías, materiales, sistemas constructivos, estructuras, instalaciones, programación, mediciones, control de calidad y seguridad. Este modelo curricular permite que el estudiante aborde la complejidad propia de los procesos de edificación desde una perspectiva global, desarrollando de forma integrada las competencias clave en sostenibilidad, digitalización y gestión de proyectos. Además, facilita el trabajo interdisciplinar y fomenta la capacidad de adaptación a retos emergentes del sector.

Las sucesivas validaciones institucionales respaldan la viabilidad y la sostenibilidad a largo plazo de esta propuesta. La implantación progresiva del nuevo plan de estudios, que se realizará desde el curso 2026-27, con un seguimiento riguroso de la puesta en marcha de cada Taller Proyectual y de las acciones de formación al profesorado, garantiza que el modelo se asiente de forma sólida y permita ajustes operativos en tiempo real. En adelante, se planifican evaluaciones periódicas que permitan medir de manera objetiva el impacto

de la revisión curricular en el rendimiento académico del estudiantado, su satisfacción y su inserción laboral, así como indicadores de mejora continua que alimenten un ciclo de revisión y actualización permanente.

Este trabajo ha sido desarrollado gracias a la colaboración de todo el profesorado del Grado en Ingeniería de Edificación de la Escuela Politecnica de Cuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

González-Arteaga, J., Segarra, M., Sanz, D. et al., (2024) Actualización e innovación de estrategias metodológicas docentes en el plan de estudios del Grado en Ingeniería de Edificación (fase diagnóstico). En: A.V. Vázquez y A.V. Barriguete, *Innovar para Educar: Nuevos caminos en el ámbito*. ((pp. 154-169). Dykinson

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2023). *Plan de incorporación de la metodología BIM en la contratación pública de la Administración General del Estado y sus organismos públicos y entidades de derecho público vinculados o dependientes.* Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones.

Orden ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos de verificación de los títulos universitarios oficiales para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico. (BOE núm. 312, de 29 de diciembre de 2007). https://www.boe.es/eli/es/o/2007/12/27/eci3855

Orden PCM/818/2023, de 18 de julio, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 27 de junio de 2023, por el que se aprueba el Plan de Incorporación de la Metodología BIM en la contratación pública de la Administración General del Estado y sus organismos públicos y entidades de derecho público vinculados o dependientes (BOE núm. 172, de 20 de julio de 2023) https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-16784

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (BOE núm. 74, de 28 de marzo de 2006). https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/17/314

Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. (BOE núm. 260, de 30 de octubre de 2007). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-18770

Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural. (BOE núm. 190, de 10 de agosto de 2021) https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/06/29/470

Real Decreto 822/2021, de 28 de septiembre, por el que se establece la organización de las enseñanzas universitarias y del procedimiento de aseguramiento de su calidad. (BOE núm. 233, de 29 de septiembre de 2021) https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/09/28/822/con

Rodríguez-Cantalapiedra, I., Rodríguez, J. (2021). Modificación del plan de Estudios del Grado de Arquitectura Técnica y Edificación de la UPC, en: EDIFICATE: I Congreso de escuelas de edificación y arquitectura técnica de España: actas del congreso, Universitat Politècnica de València, Valencia. https://hdl.handle.net/2117/356982

Segarra, M., Sánchez, J.M., Valverde, D., Cañizares, J.M., Pérez, V., Castilla, F.J., Ruiz, M.A., Torrero, E., Sanz, D., Serrano, J.L., Alfaro, J., González-Arteaga, J., Arteaga, J.J. (2019) Implementación del trabajo colaborativo bajo metodología. BIM en el Grado de Ingeniería de Edificación de la Escuela Politécnica de Cuenca. Experiencias de Innovación Docente en Enseñanza Superior de Castilla-La Mancha 2019. Valencia, España https://hdl.handle.net/10578/21078

Valverde, D. (2021) La metodología BIM como elemento vehicular en la docencia de Grado en Ingeniería de Edificación. en: EDIFICATE: I Congreso de escuelas de edificación y arquitectura técnica de España: actas del congreso, Universitat Politècnica de València, Valencia https://doi.org/10.4995/EDIFICATE2021.2021.13592

LA MOVILIDAD DEL PROFESORADO DE ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA LAGUNA: UNA CUENTA PENDIENTE

MOBILITY OF TECHNICAL ARCHITECTURE TEACHING STAFF FROM LA LAGUNA: A PENDING MATTER

Ruth Pino Suárez[(1)]

[1] Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España, rpsuarez@ull.edu.es

RESUMEN

Ya sea porque el profesorado está inmerso en otras actividades profesionales o personales, o porque no dominan el inglés, o incluso porque la generación predominante entre los docentes parece dejarles fuera de un sistema que también los incluye, la cuestión es que, en la Escuela de Arquitectura Técnica de La Laguna, la movilidad es una cuenta pendiente.

Esta cuestión vuelve a darnos de lleno ante la insistencia de la Aneca de fomentar la movilidad en todos los estamentos que componen la Universidad, tan popular entre el alumnado y tan desconocida, o tan poco demandada, entre el profesorado y el personal de administración y servicios.

Hemos realizado preguntas a los compañeros para saber qué opinan y qué conocimiento tienen de la existencia de estos programas europeos y extracomunitarios, así como también cuáles son los motivos por los que nunca se han interesado por conocer otros entornos universitarios tan alejados de nuestros contextos.

Más allá de hacer una encuesta, metodológicamente pertinente, también se ha pretendido hacer consultas personales, que permitieran ahondar mejor en el análisis de las circunstancias y de las respuestas. A veces, lo científico y lo metodológico nos distancian de la comprensión más humana y reflexiva, máxime si, como en nuestro caso, el número de profesores está acorde a la entidad de una escuela pequeña como es la de la Universidad de La Laguna.

Por tanto, hemos procurado aplicar el método de la encuesta al uso para obtener datos empíricos, pero también el contacto más directo y el diálogo, con el fin de descubrir dónde falla la motivación del profesorado o, quizá, dónde falla la incentivación de la Universidad.

Palabras clave: *movilidad, profesores, arquitectura técnica, erasmus*

ABSTRACT

Whether it is because the teaching staff are immersed in other professional or personal activities or because they are not fluent in English, or even because the prevalent generation of teachers seems to leave them out of a system that also includes them, the fact is that at the School of Technical Architecture of La Laguna, mobility is a pending issue.

This question comes back to haunt us in the face of the insistence of the Aneca to promote mobility in all the strata that make up the University, so popular among the student body and so unknown, or so little demanded, among the teaching staff and the administration and services personnel.

We asked our colleagues questions to find out what they think and what they know about the existence of these European and non-EU programs, as well as why they have never been interested in learning about other university environments so far removed from our own contexts.

Beyond conducting a methodologically relevant survey, we also sought to conduct personal interviews to gain a deeper understanding of the circumstances and responses. Sometimes, scientific and methodological approaches distance us from a more human and reflective understanding, especially if, as in our case, the number of professors is in line with the size of a small school such as the University of La Laguna.

Therefore, we have tried to apply the usual survey method to obtain empirical data, but also more direct contact and dialogue, in order to discover where the motivation of the teaching staff is lacking or, perhaps, where the University's incentives are failing.

Keywords: *mobility, teachers, technical architecture, Erasmus*

1. INTRODUCCIÓN

Recientemente nuestra titulación, el Grado de Arquitectura Técnica de la Universidad de La Laguna (ULL), ha sido evaluada para la renovación de la Acreditación por parte de la Agencia Canaria de Calidad Universitaria y Evaluación Educativa (ACCUEE), conforme a lo establecido en el artículo 34 del Real Decreto 822/2021 de 28 de septiembre, por el que se establece la organización de las enseñanzas universitarias oficiales.

En el informe provisional por parte de la ACCUEE, en el apartado de "Personal Académico y de Apoyo a la Docencia", se hace la recomendación de implantar las acciones necesarias que permitan incrementar la movilidad del profesorado.

En el diseño y propuesta del Plan de Mejoras por parte de la Comisión de Calidad de la Sección de Arquitectura Técnica (Unidad Técnica de Calidad-ULL, 2022), dentro del Criterio 4.- Personal académico y de apoyo a la docencia, se recoge dicha recomendación, R8, y se proponen acciones dirigidas a implantar las acciones necesarias que permitan incrementar la movilidad del profesorado con tres acciones:

Acción 1: Difundir las acciones y programas de movilidad establecidos institucionalmente entre el profesorado del grado

Acción 2: Recabar información entre el profesorado con docencia en el título sobre los motivos de la baja movilidad y su internacionalización.

Acción 3: Analizar, en su caso, las causas para ver en qué medida el centro/título puede colaborar con las posibles soluciones.

El 18 de mayo de 2023 el grado ha recibido Informe final de renovación favorable donde se señalan, entre otras recomendaciones que contribuirán a la mejora del título, en el Criterio 4-Personal Académico y de Apoyo a la Docencia, haciendo alusión en los mismos términos a la movilidad del profesorado.

El plazo para la realización de estas acciones se estableció de manera anual para la Acción 1, de la que se ocupa directamente la Oficina de Relaciones Internacionales de la ULL para las movilidades Erasmus, con la intermediación de la Coordinación de Movilidad de la Sección de Arquitectura Técnica, dado que dichas movilidades están sujetas a concurrencia competitiva y conllevan baremaciones de requisitos para la obtención de plaza.

Para las Acciones 2 y 3 se propuso llevarlas a cabo en el curso 23-24, con lo que en este momento llevamos un año de retraso. Sin embargo, la Coordinación de Movilidad de la Sección de Arquitectura Técnica, realizó previamente un estudio sobre la movilidad de los estudiantes, recabando información y analizando las causas de la escasa participación en los programas tanto a nivel nacional como europeo (R. Pino, 2023) por tener mayor relevancia dentro del cómputo total de la comunidad universitaria. Sus resultados fueron presentados en el Congreso Edificate II de 2023.

2. OBJETIVOS

El objetivo general pretende dar respuesta a la recomendación y propuesta de mejoras del título de Arquitectura Técnica de La Universidad de La Laguna en el apartado correspondiente a la movilidad del profesorado, cuyas acciones ya mencionadas sirvan para averiguar cuáles son las causas predominantes en el profesorado que les impiden participar en los programas de Movilidad y también cuáles son los incentivos o las obligaciones que les impulsan a realizar salidas a cualquier universidad distinta de la ULL.

Queremos saber qué nivel de idiomas tienen nuestros profesores y cómo éste se ve condicionado por la edad y las circunstancias relativas a las diferencias generacionales.

Del conocimiento o el dominio de lenguas extranjeras que indiquen los encuestados, se podrá deducir si es un motivo suficiente para desmotivar la movilidad en el extranjero. Será muy importante tener en cuenta la edad de los encuestados, para valorar por tramos su influencia en los resultados.

Y por último, aprovecharemos para indagar en la preparación y la inclinación del profesorado hacia una docencia en inglés o, en su defecto, hacia un "english friendly teaching" que abra definitivamente las puertas de nuestra escuela al estudiantado internacional.

3. METODOLOGÍA

Se ha realizado una encuesta a través de un Cuestionario Google a los profesores que han impartido docencia en el Grado de Arquitectura Técnica de la ULL durante el curso 24-25. Esto incluye, por supuesto, al profesorado de todas las disciplinas y a profesores que incluso terminaron su docencia a mitad de curso.

Antes de comenzar, se recopiló la información elemental como los emails de todos los docentes y el número de profesores y profesoras (Tabla 1), que nos dieran una referencia numérica y así estimar cuántas respuestas podríamos considerar "suficientes" para obtener unos resultados significativos.

Tabla 1. Número de profesores y profesoras de la Sección de Arquitectura Técnica en el curso 24-25.

PROFESORES	PROFESORAS	TOTAL
28	14	42
66,7%	33,3%	100%

Posteriormente, en la encuesta, se solicitaron datos más concretos como: Edad, Género, Formación Académica, Categoría Docente, Rama de Conocimiento, Antigüedad.

Las preguntas realizadas estaban dirigidas a detectar diferentes cuestiones técnicas, como el nivel de inglés y habilidades comunicacionales; y otras de índole personal, como la inclinación a viajar solo, la facilidad para manejarse en el extranjero, o preferencias en los destinos. Por último, se preguntó también sobre la disponibilidad para impartir docencia en inglés o formar parte de un profesorado "english friendly", que facilita al alumnado extranjero entrante el material con antelación y está dispuesto a que usen herramientas para la traducción tanto durante las clases como en las pruebas evaluativas.

La encuesta fue enviada por correo electrónico en periodo no lectivo y procurando que los compañeros y compañeras tuvieran las explicaciones justas y necesarias sobre la importancia de responderla. Se les informó sobre la temática de la encuesta y especialmente de la necesidad de obtener datos sobre la movilidad del profesorado para implementar medidas y recopilar datos en previsión de su fiscalización por parte de la Aneca y la ACCECAU en acreditaciones futuras.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Participación en la encuesta

La participación inicial, como respuesta al primer email, aportó 22 respuestas. Con un segundo email se recogieron 6 respuestas más, y, finalmente, con el tercer email se obtuvieron un total de 33 respuestas. Con ese número final, que representa el 78,6% del profesorado, hemos realizado el análisis de los resultados.

De los datos iniciales se ha obtenido la siguiente información pormenorizada en cuanto al género distribuido por edad (Figura 1), donde se observa que la mayoría del profesorado actual supera los 50 años: 21 de los 33 encuestados, lo que representa el 63,4%.

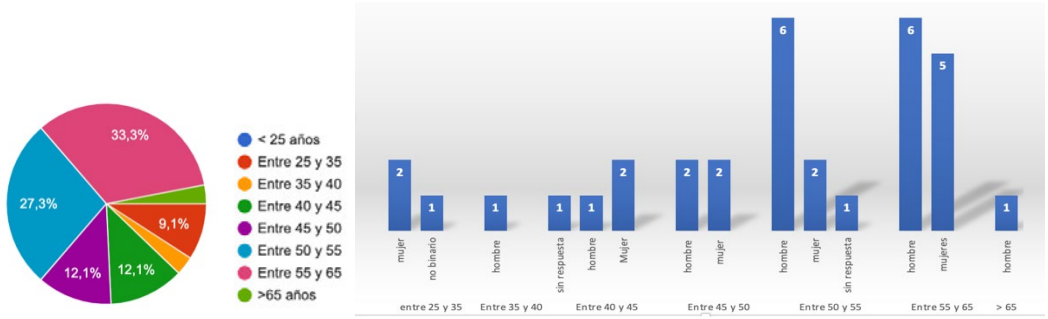


Figura 1. Distribución del profesorado de Arquitectura Técnica de la ULL según edad y género. Fuente: elaboración propia 2025.

En cuanto a la antigüedad, nos encontramos con que casi el 40% de los encuestados cuenta con más de 30 años de docencia en nuestra universidad (Figura 2), que sumados a los que tienen una experiencia entre 20 y 30 años, representan el 54,6% frente al resto con menos de 20 años impartiendo clases en la Universidad de La Laguna. No todo el profesorado que ha respondido ha desarrollado su labor docente en el Grado de Arquitectura Técnica. Es conveniente advertir esta cuestión ya que afecta especialmente a aquellos que pertenecen a otras áreas de conocimiento y otros departamentos no afines a la Rama de Arquitectura e Ingeniería. A efectos de la encuesta no se ha tenido en cuenta, por lo que la antigüedad está referida a los años de dedicación dentro de la Universidad de La Laguna y no exclusivamente en Arquitectura Técnica.

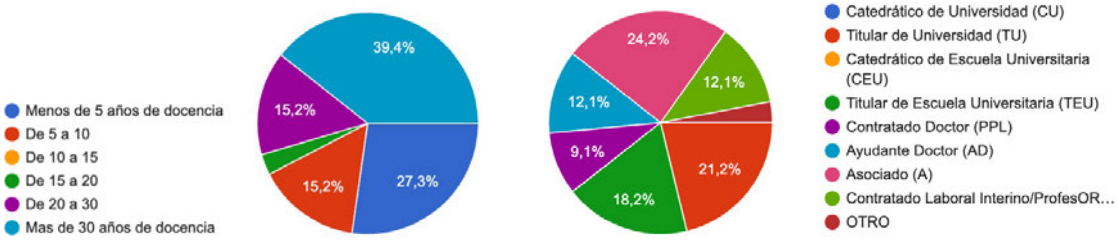


Figura 2. Antigüedad y Categoría del profesorado del Grado de Arquitectura Técnica de la ULL. Fuente: elaboración propia 2025.

4.2. Nivel de idiomas

Hemos intentado saber qué percepción tienen de sí mismos los profesores en cuando a su manejo de lengua extranjera, distinguiendo entre saberse defender comunicativamente en un idioma extranjero, por un lado, y la cuestión acreditativa del nivel de idiomas que poseen por otro.

Se ha realizado una gráfica para poder comparar por tramos de edades (Figura 3) cómo se valoran sobre el manejo de idiomas, si se defienden bien o no con el inglés, en contraposición con la formación y certificación oficialmente reconocida.

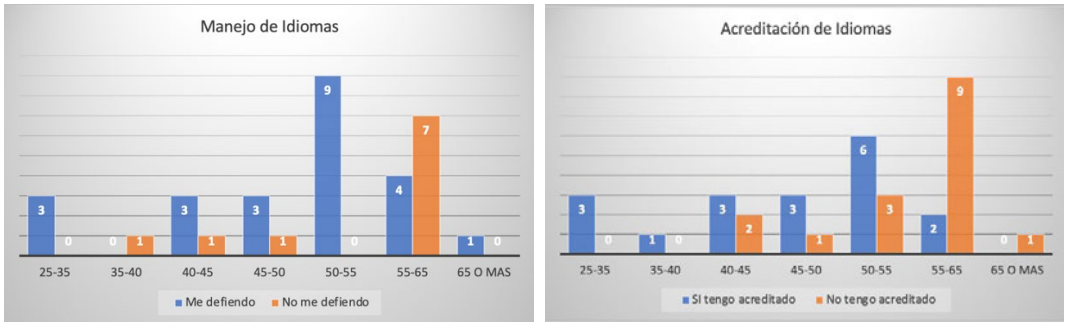
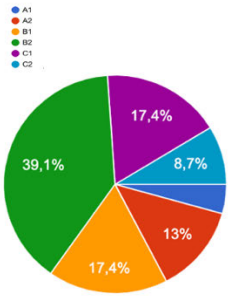


Figura 3. Conocimiento de idiomas del profesorado del Grado de Arquitectura Técnica de la ULL. Fuente: elaboración propia 2025

Hay que tener en cuenta que en el primer caso es una respuesta totalmente subjetiva debido a que la pregunta era si *"te desenvuelves bien en algún idioma extranjero, aunque no lo puedes acreditar"*, a lo que el 69,7% respondió afirmativamente. En la pregunta siguiente sobre si *"tienes acreditado oficialmente algún idioma"* el porcentaje disminuyó hasta el 51,5%, correspondientes a 17 profesores. En 7 ocasiones el profesorado refirió tener acreditado un segundo idioma además del inglés: 4 con Francés, 1 con Alemán, 2 con Italiano y 1 último con Hebreo.

Sin embargo, a la cuestión de "*si tienes inglés indica qué nivel*", recibimos 23 respuestas, lo que quiere decir que algún compañero/a interpretó de modo aproximado su nivel fuera de la acreditación (Figura 4).

Es importante destacar que los porcentajes de acreditados en algún nivel de inglés entre los 25 y los 40 años es del 100% y el nivel más bajo es un B2. Entre los 40 y los 50 años, los acreditados son el 62,5%. Mientras que entre los 50 y los 55 años, el porcentaje, del 66,7% es ligeramente más alto. Por último, entre los 55 y los 65 y más de 65, el porcentaje de acreditados estaría reducido a un 16,7%. Sin embargo, es en este tramo donde más confusiones se han detectado, ya que hubo dos preguntas. En primer lugar, se les preguntó si tenían o no algún nivel de idiomas acreditado. El 16,7% respondió que sí. Pero en la siguiente pregunta, donde se les solicitaba que si tenían acreditado el inglés indicaran el nivel, hubo mayor número profesores que se manifestaron con algún nivel, llegando al 41,7% de respuestas.



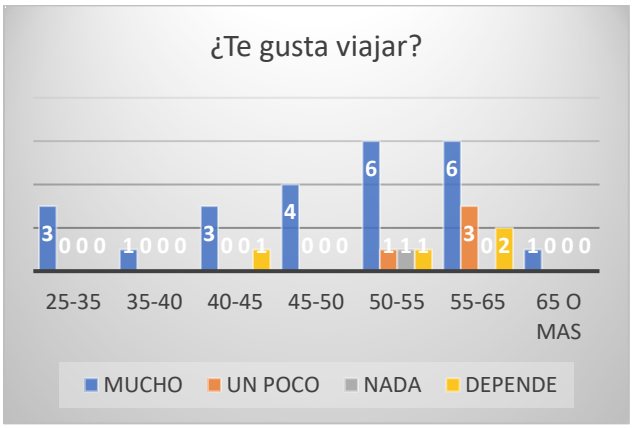
23 PROFESORES/AS ACREDITADOS EN INGLES	Edad	FRANCÉS	ALEMÁN	ITALIANO	Otro...
1 B2 2 C1	Entre 25-35		1 A2		
1 C1	Entre 35-40				
3 B2	Entre 40-45				1 A1 (hebreo)
2 B1 1 A2	Entre 45-50	1 A1			
4 B2 2 C1 1 C1	Entre 50-55	1 A2 1 B2		1 A2	
1 A1 1 A2 2 B1 1 B2	Entre 55-65				

Figura 4. Niveles de idiomas acreditados del profesorado del Grado de Arquitectura Técnica de la ULL. Fuente: elaboración propia 2025

4.3. Preferencias personales y experiencias previas

En este bloque de preguntas, de índole personal, nos quisimos centrar en aquellos aspectos más subjetivos derivados de las experiencias que se hayan podido tener en otras épocas de la vida, ya que podrían influir positiva o negativamente en los gustos y preferencias actuales.

Por ello se hicieron preguntas con respuesta de "si" o "no" del tipo: ¿Te gusta viajar? ¿Te gusta viajar solo/sola? ¿Has viajado solo/sola alguna vez? ¿Crees que te manejas bien en entornos desconocidos? ¿Realizaste algún viaje tipo interrail siendo estudiante? ¿Realizaste alguna movilidad erasmus o similar cuando eras estudiante? ¿Lo harías ahora si volvieras atrás? (Figura 5)



EDAD	¿De qué depende?
40-45	Sólo si voy a lugares civilizados, Habitualmente por trabajo
50-55	Sólo en vacaciones Cuando puedo, principalmente trabajo investigaciones
55-65	Sólo en vacaciones, Sólo con amigos o familia, Sólo por las Islas Canarias, Sólo por la Península, Sólo donde se hable español Sólo con amigos o familia, Sólo si voy con alguien que hable el idioma, Sólo si voy a lugares civilizados

Figura 5. Gustos y condicionantes del profesorado del Grado de Arquitectura Técnica de la ULL para viajar según tramos de edad. Fuente: elaboración propia 2025

A la mayoría le gusta mucho viajar como queda demostrado por el 72,7% de los encuestados (24/33). Y el 24,2% está repartido a la mitad entre "un poco" y "depende". En este último caso, a 5 personas les gusta viajar dependiendo de que sea "por vacaciones", "con amigos o familia" o "si es a lugares civilizados". Estas tres opciones fueron las que se repitieron más que el resto.

Cuando se les preguntó si "les gusta viajar solos/solas" el 54,5% respondió que sí, aunque el 93,9% lo ha tenido que hacer alguna vez. Por otra parte, el 78,8% manifestó desenvolverse bien en entornos desconocidos, mientras que un 18,2% considera que se desenvuelve regular (Figura 6).

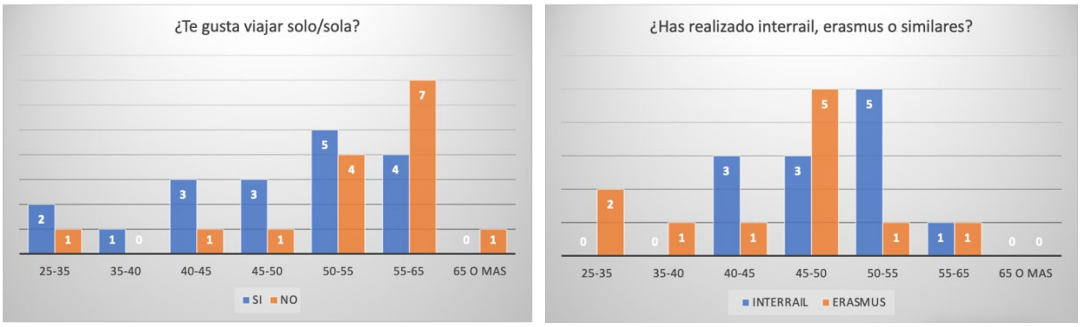


Figura 6. Experiencias de la época de estudiantes del profesorado del Grado de Arquitectura Técnica de la ULL. En la segunda gráfica sólo se han reflejado el número de erasmus y de interrail que han realizado los encuestados. Fuente: e.p. 2025

Es difícil percibir la diferencia existente entre los distintos tramos de edad debido a que las gráficas muestran el número de respuestas y su comparativa dentro del propio tramo de edad. Pero hemos dividido en dos grandes grupos para obtener una visión más clara sobre los gustos por viajar solo: de modo que contamos con 12 encuestados menores de 50 años y 21 mayores de 50 años. En ambos grupos obtuvimos 9 respuestas afirmativas, es decir, a 9 personas menores de 50 y a 9 mayores de 50 les gusta viajar solos. Traducido en porcentajes sería un 75% frente a un 42%. De modo que, constatando una vez más que el profesorado mayoritario supera los 50, a la mayoría de los que están por debajo de esa edad les gusta viajar solos, y a la mayoría de los que están por encima, no les gusta.

Como curiosidad, se hicieron preguntas sobre la época de estudiantes del profesorado, que podría relacionarse con el interés o inquietud que se tuviera en el pasado, como haber hecho algún viaje tipo "interrail" o similar. El 63,6% respondió no haber realizado ningún viaje tipo interraril en su época de estudiantes. Frente a un 69,7% que no habían realizado movilidades tipo erasmus, nos encontramos con un 30,3% que respondió afirmativamente, de los cuales el 9,1% señaló haber hecho estancias en el extranjero para estudiar inglés y un 3% realizó un curso académico en EEUU.

Se ha elaborado una comparativa de movilidades por edades (Tabla2) diferenciando las respuestas entre los Arquitectos Técnicos y los profesores de otras ramas de conocimiento. Se observa claramente que, de los 6 profesores que realizaron erasmus en época de estudiantes, el 80% no estudió arquitectura técnica. En un análisis por edades, resulta extraño que la edad de los 2 profesores arquitectos técnicos que respondieron haber realizado erasmus en su época de estudiantes sea entre los 50 y 55 años, dado que el programa erasmus no se ofertaba en aquella época, al menos en la Universidad de La Laguna. Cabe la hipótesis de que hubieran estudiado otra carrera o que la cursaran en otra universidad española, pública o privada con convenios internacionales.

Tabla 2. Relación de respuestas del profesorado que realizó algún tipo de movilidad en su época de estudiante, comparando edades y señalando cuál de ellos es arquitecto técnico y cuál no. Fuente: e.p. 2025

EDAD	Respuestas afirmativas sobre realización de movilidad erasmus o similar cuando eran estudiantes.	¿Eres Arquitecto Técnico?
Entre 25 y 35	SI	NO
	SI	NO
Entre 35 y 40	Hice curso de idiomas en verano en otro país (Inglaterra, Canadá, EEUU...)	SI
Entre 40 y 45	SI	NO
Entre 50 y 55	SI	SI
	Estudié un curso académico en EE.UU.	NO
	SI	NO
	Hice curso de idiomas en verano en otro país (Inglaterra, Canadá, EEUU...)	SI
	SI	SI
Entre 55 y 65	Hice curso de idiomas en verano en otro país (Inglaterra, Canadá, EEUU...)	NO

Finalmente, planteamos una pregunta para saber si, de poder volver atrás, se plantearían realizar una movilidad como estudiantes (Figura 7) y la respuesta fue afirmativa en el 81,8% en todos los tramos de edad, si bien las dudas se dieron en un 15,2%, todas en mayores de 45 años.

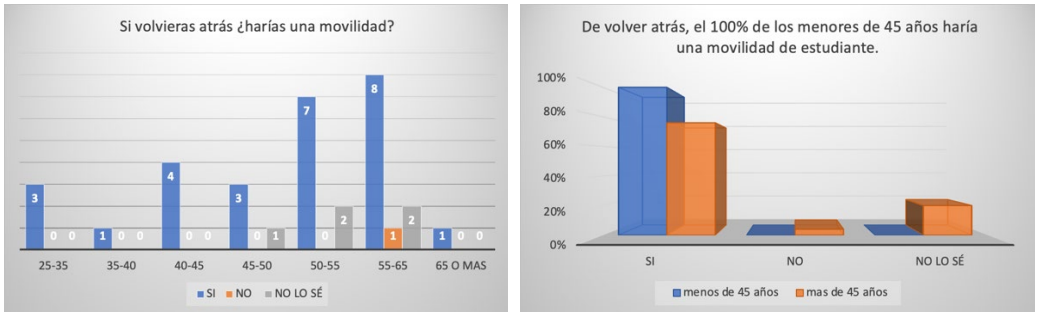


Figura 7. Respuestas por tramos de edad con respecto a la movilidad si volvieran a ser estudiantes. Fuente: e.p. 2025

4.4. Visión del profesorado sobre la movilidad Erasmus

En este bloque hemos querido saber qué información tiene el profesorado acerca de la movilidad Erasmus, por ser la más conocida (Tabla 3). Para saber qué conocimiento tienen sobre la movilidad erasmus para profesores, les hemos hecho preguntas cuyas respuestas debían ser "si" o "no".

Tabla 3. Relación de preguntas con respuesta simple sobre el conocimiento de la movilidad del profesorado. Fuente: e.p. 2025

Pregunta	SI	NO	Observaciones
¿Tienes conocimiento de las posibilidades de movilidad que tienen los profesores de la ULL en el ámbito europeo?	21	12	De los que respondieron tener conocimiento (Figura 8)
¿Sabes que la movilidad del profesorado puntúa en los complementos retributivos?	20	13	
¿Sabes que la movilidad del profesorado puntúa/es requisito en los procesos de acreditación?	23	10	
¿Sabes que hay dos tipos de movilidad ERASMUS para el profesorado, una formativa y otra docente?	16	17	
¿Sabes que te puedes ir de ERASMUS 5 días con una subvención para pasaje y manutención?	9	24	
¿Has entrado alguna vez en la página web de la ULL a buscar información sobre la movilidad erasmus para los profesores?	5	28	
En el momento actual… ¿te plantearías hacer un erasmus próximamente?	17	16	Distribución del SI y el NO por edades (Figura 9) Razones más elegidas por el SI y el NO (Figura 10)

En general, todo el profesorado tiene conocimiento de la existencia de este programa de movilidad. Sin embargo, cuando las cuestiones se van refiriendo a datos más concretos sobre la información que poseen o a los lugares donde podrían encontrarla, los resultados arrojan un mayor desconocimiento.

El 63,6% del profesorado declaró tener conocimiento de las posibilidades de movilidad que tienen los profesores de la Universidad de La Laguna y, de los que respondieron afirmativamente, casi el 90% lo conoce de oídas y el resto lo conoce por haber realizado la movilidad o haber estado a punto de hacerlo (Figura 8)

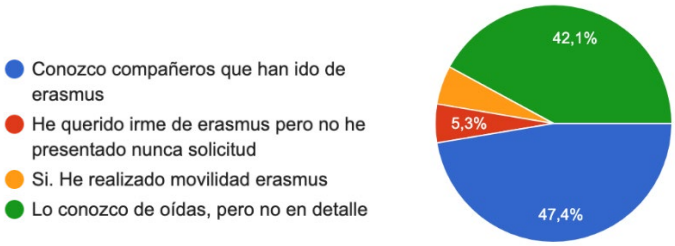


Figura 8. Grado de conocimiento que tiene el 63,6% del profesorado. Fuente: e.p. 2025

Hemos preguntado la "intención" de movilidad que tienen en este momento, particularmente para constatar que el rango de edad más alto es el que menos se plantearía realizar una movilidad erasmus de profesor próximamente, lo que era más que previsible (Figura 9).

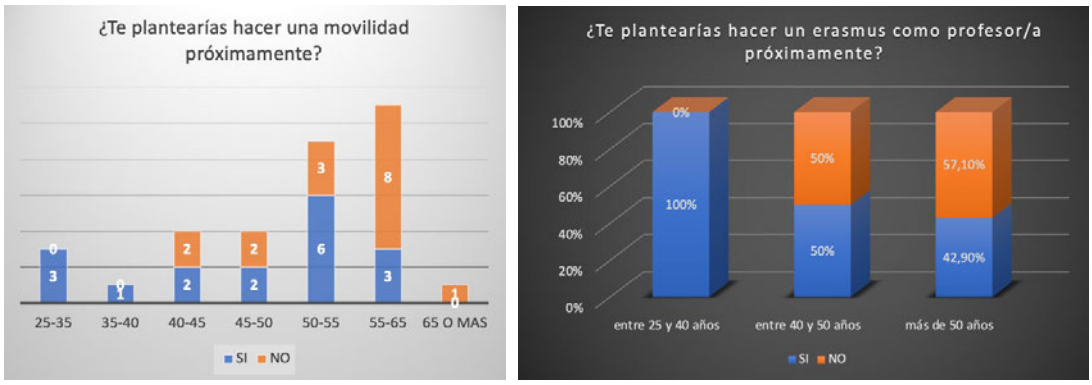


Figura 9. Intención de movilidad actual del profesorado de Arquitectura Técnica de la ULL. Fuente: e.p. 2025

Pero en realidad, nos interesaba saber cuáles son las razones por las que "si" o "no" tienen intención de moverse. Para ello, se evitó preguntar directamente si realizarían una movilidad en un futuro próximo, sino que se les dieron diferentes opciones de respuesta que llevaban implícita la respuesta afirmativa, que fueron 17, o negativa, que fueron 16. Se les indicó que eligieran dos o tres opciones para poder valorar cuáles de ellas resultaban más repetidas (Figura 10).



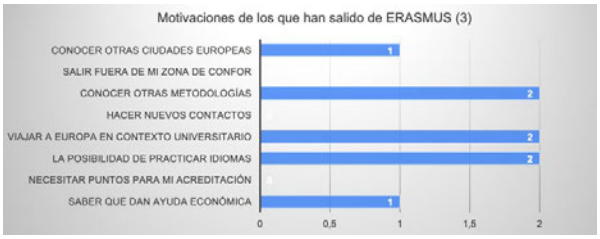
Figura 10. Motivos para plantearse o no una movilidad de profesorado. Fuente: e.p. 2025

Destaca por encima de todas las respuestas de "no me lo planteo" y, para los que sí se lo podrían plantear, sobresale la cuestión de la falta de información al respecto de los destinos y la forma de gestionar el erasmus del profesorado.

Y, por último, se ha contabilizado el número de movilidades que ha realizado parte del profesorado encuestado, un total de 3 personas, solo el 7,1%, y se ha intentado también obtener información acerca de las razones que más les motivan o han motivado para hacerlo. Al ser tan pocas, hemos plasmado la información referida a la edad, la antigüedad y la categoría docente de las tres personas que han realizado movilidad erasmus de profesorado (Tabla 4)

Tabla 4. Profesorado de Arquitectura Técnica que ha realizado movilidad Erasmus. Debajo, sus motivaciones. Fuente: e.p. 2025

	EDAD	Nº DE ERASMUS	ARQUITECTO TÉCNICO	Antigüedad	Categoría Profesor/a
1	Entre 50 y 55	1	SI	Menos de 5 años	Asociado
2	Entre 50 y 55	+ de 4	SI	Mas de 30 años	Titular de Universidad
3	Entre 25 y 35	+ de 4	NO	Menos de 5 años	Asociado



En cuanto al grueso del profesorado, se han recogido las diversas desmotivaciones por las que no han salido nunca de erasmus (Figura 11) La más repetida se refiere a las circunstancias familiares, seguida por el desconocimiento. Esto concuerda con una pregunta anterior, donde el profesorado expresó su intención de realizar una movilidad próximamente, aunque le gustaría que se le informara de los destinos y el modo de gestionarla.



Figura 11. Razones por las que el profesorado de Arquitectura Técnica de la ULL no ha salido de Erasmus. Fuente: e.p. 2025

4.5. Docencia en inglés para alumnos extranjeros

En nuestra escuela aún no se ha implantado la docencia de un grupo exclusivo para estudiantes extranjeros, aunque se han aceptado y atendido a aquellos alumnos erasmus que han solicitado realizar un cuatrimestre en nuestro centro. En estos casos, los propios estudiantes hablaban un poco de español. Y aquellos que no, han resuelto su estancia con asignaturas más prácticas o gráficas que otras, y, en caso necesario, el profesorado les ha adaptado un poco la metodología para que fueran capaces de seguir la materia trabajando más que sus compañeros al tener que realizar traducciones y, con gran esfuerzo, comprender los enunciados de los exámenes. Realmente este es un ejemplo de “english friendly teacher”.

Llegados a este punto, y observando desde la Coordinación de Movilidad cómo el Vicerrectorado de Internacionalización está intentando implementar clases en inglés para este alumnado extranjero, nos hemos ocupado también de averiguar cuál es la opinión del profesorado de nuestro centro. Por un lado, hemos querido saber cuántos estarían dispuestos a impartir sus clases en inglés, y por otro, en un segundo nivel, cuántos accederían a ser “english friendly”, que sería mucho menos exigente a nivel docente, pero abriría las puertas a un mayor número de estudiantes extranjeros (Figura 12)

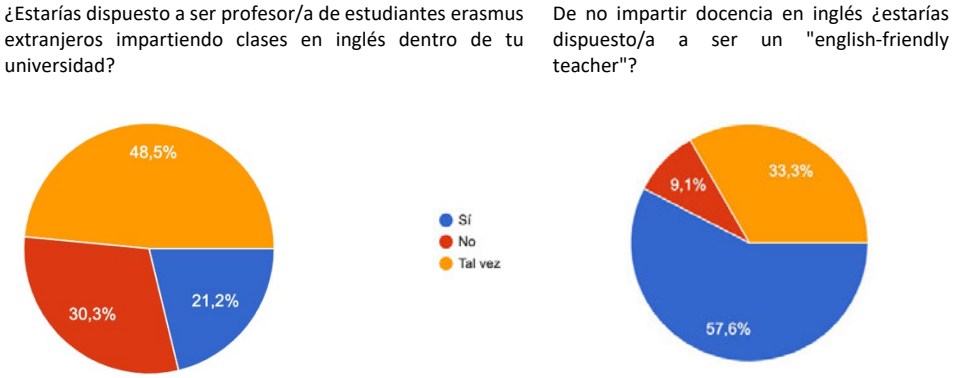


Figura 12. Diferencias entre la predisposición del profesorado a impartir clases en inglés y la disposición para dar apoyo al alumnado extranjero de forma amigable. Fuente: e.p. 2025

En cualquier caso, el profesorado manifestó que debería ser incentivado por la universidad con alguna de las múltiples opciones que se les plantearon como, por ejemplo: que cada crédito impartido en inglés contara por dos (9), que contara para la acreditación (5), que contara por dos y puntuara para los complementos retributivos (10), y por último e igualmente una de las más elegidas: "de ninguna manera me puede incentivar porque no quiero dar clases en inglés" (10). De las 10 respuestas, 9 fueron elegidas por profesores de entre 55 y 65 años. Esto es, sin duda, un claro marcador de la dificultad que existe actualmente para mejorar nuestra oferta docente al estudiantado extranjero. A pesar de ello, un alto porcentaje de los encuestados mostró menos reticencias en el caso de que no fuera necesario impartir docencia estrictamente en inglés.

5. CONCLUSIONES

La primera conclusión pone de manifiesto que la mayoría del profesorado encuestado supera los 50 años y esto afecta, directa y especialmente, en que los motivos principales para que el grado de Arquitectura Técnica no presente mayor movilidad por parte de nuestros docentes, sean por circunstancias familiares en primer lugar, por desconocimiento en segundo lugar, y también por circunstancias económicas.

Por lo tanto, y la vista de los resultados, uno de los motivos más repetidos y generalizados dentro de las diferentes preguntas realizadas, es el desconocimiento sobre la movilidad. El profesorado solo conoce la movilidad erasmus de oídas, por lo que casi totos desconocen que existen ayudas para viaje y manutención por cinco días, o que hay dos modalidades, una de docencia y otra de formación.

Esto quiere decir que es necesario acometer una campaña de información sobre las diferentes movilidades del profesorado como primera medida.

En cuanto al idioma, se observa que la diferencia de edad ha influido considerablemente, como resultado de la obligatoriedad de acreditar el nivel de idiomas para poder acceder a un máster que, muy acertadamente, se ha implantado en nuestras universidades. El profesorado más antiguo no tuvo dicha exigencia, y los que han ido acreditando idiomas lo han hecho por una motivación personal.

La intención de realizar movilidad en próximas convocatorias es también una cuestión que marca la diferencia entre los profesores jóvenes y el resto. Entre los 25 y los 45 años la intención es del 100% dentro de dicho grupo. En adelante, todos los demás tienen múltiples razones para no planteárselo, rondando el 50% dentro los que superan los 45 años.

No obstante, hay que destacar que, de la movilidad llevada a cabo por tres profesoras, dos estaban entre los 50 y los 55 años, y sólo una entre los 25 y los 35. También hay que decir que, de esas dos, una ha realizado más de 4 movilidades y que, con tal convencimiento y motivación, es la Coordinadora de movilidad de la Sección de Arquitectura Técnica y la autora del presente trabajo.

Para finalizar, cabe esperar que habrá un relevo generacional de nuestros docentes en los próximos 10 años y entonces podremos ver la mejoría de la movilidad del profesorado de Arquitectura Técnica de La Laguna y de las demás universidades de España.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCUEE, Gobierno de Canarias, Informe final de la Renovación para la Acreditación del Grado de Arquitectura Técnica https://www.gobiernodecanarias.org/aplicaciones/sita-accuee/d?u=258e5b02-ce69-4a75-9ee7-a83b70e58125&t=f33fd1e8-9b0b-4ae7-a480-4a6a59b17ac6

Pino-Suarez, R. (2023, noviembre 9-10). *Perspectiva de la movilidad de estudiantes de Arquitectura Técnica de La Laguna.* II Congreso Nacional y I Congreso Internacional de Escuelas de Ingeniería de Edificación y Arquitectura Técnica, Granada, España. https://dialnet.unirioja.es/congreso/edicion/16159

ULL, UTC, ANECA, Informe de Autoevaluación Reacreditación del Grado en Arquitectura Técnica de la Universidad de La Laguna, https://drive.google.com/file/d/1U-eZKxO_woQHD1R9WpBevq05Mz0RUSQi/view 25.3.22

ANÁLISIS DE LAS CARRERAS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. ESTUDIO ESPECÍFICO DEL GRADO EN EDIFICACIÓN Y ARQUITECTURA TÉCNICA. ÍNDICES UNIVERSITARIOS Y MERCADO LABORAL

ANALYSIS OF CAREERS IN THE CONSTRUCTION SECTOR. SPECIFIC STUDY OF THE DEGREE IN BUILDING AND TECHNICAL ARCHITECTURE. UNIVERSITY INDICES AND THE LABOUR MARKET

Joaquín Manuel Durán Álvarez[(1)], María Luisa de la Hoz Martínez[(2)], Antonio Aguilar Aguilera[(3)], Gloria Cuenca Moyano[(4)]

[1] Universidad de Granada, Granada, España, jdaeuat@ugr.es
[2] Universidad de Granada, Granada, España, mlhoz@ugr.es
[3] Universidad de Granada, Granada, España, antojes@ugr.es
[4] Universidad de Granada, Granada, España, gloriacuenca@ugr.es

RESUMEN

La carrera de Ingeniería de Edificación y Arquitectura Técnica ha sufrido un descenso brusco de matriculaciones desde la crisis del ladrillo en el año 2008/9. Aunque en los últimos años ha habido una recuperación, las cifras de matriculaciones aún no alcanzan los niveles previos a la crisis. Además, el número de egresados es bajo en comparación con las matriculaciones, situación que no se debe únicamente al arrastre de esas bajas matriculaciones de cursos anteriores. Con el objetivo de identificar las posibles causas de esta lenta recuperación, en el presente estudio se realiza un análisis de diferentes variables como las notas medias, la tasa de abandono de la carrera y la tasa de reposición necesaria del colectivo en el mercado laboral, considerando tanto los datos totales como los específicos de las distintas Escuelas. Además, como referencia, también se contrasta con la inserción laboral. El estudio incluye tanto un enfoque específico de la carrera como un análisis general del área de Construcción-Ingeniería-Arquitectura a partir de los datos publicados en los distintos Observatorios. En los resultados se observa que existen problemas en las matriculaciones de la carrera con respecto a la media de la Universidad. Entre ellas, baja nota de corte de admisión, duración media de la carrera de los alumnos alta, tasa de eficiencia baja, notas medias bajas y un número de egresados demasiado escaso para reponer el colectivo de IE/AT del mercado laboral. Algunos problemas son generales de las carreras técnicas, pero otros son específicos de esta carrera. Debería llamar a la reflexión sobre los recorridos de contenidos, la actualización de éstos, las metodologías docentes y una mayor fidelización del alumnado con esta carrera.

Palabras clave: *ingeniería de edificación; arquitectura técnica; matriculaciones; universidad; inserción laboral*

ABSTRACT

The Building Engineering and Technical Architecture degree program has suffered a sharp decline in enrollment since the brick crisis in 2008/9. In recent years there has been a recovery, but the previous number of enrollments has not yet been reached. In addition, the number of graduates is small compared to the number of enrollments and is not only due to the low enrollments from previous years. The analysis of average grades, dropouts, the necessary replacement rate of the group in the labor market, studying the different Schools and the total, can give us an idea of the causes of this slow recovery. In addition, as a reference, it is also contrasted with labor market insertion. An analysis is made both career-specific and general of the Construction-Engineering-Architecture area in the different Observatories. The results show that there are

problems with enrolment in the university degree compared to the university average. These include low admission cut-off marks, long average duration of the degree programme, low efficiency rates, low average marks and too few graduates to replenish the IE/AT workforce in the labour market. Some problems are common to technical university degree, but others are specific to this. This should prompt reflection on the content of the programme, its updating, teaching methodologies and greater student loyalty to this university degree.

Keywords: *building engineering; technical arqhitecture; enrolment, employability; university*

1. INTRODUCCIÓN

Cuando se analiza un colectivo profesional, como el grado en Edificación/Arquitectura Técnica (IE/AT), es siempre interesante cotejar los datos reales sobre el mercado de trabajo desde el punto de vista profesional y el análisis de la carrera desde la Universidad, tanto a nivel particular como la comparación con otras similares.

El mercado profesional exige estrategias que aseguren la calidad y eficacia en la formación de futuros profesionales. La mejora continua de los programas formativos es fundamental en un contexto universitario que evoluciona rápidamente. Un "informe de seguimiento de titulación" es un documento universitario que evalúa el desarrollo y la calidad de un título académico, identificando fortalezas, áreas de mejora y el grado de cumplimiento de los criterios establecidos para garantizar su actualización y excelencia. El informe de seguimiento de titulación permite mejorar la calidad docente identificando aspectos como la adecuación del plan de estudios, los resultados de aprendizaje, la satisfacción de los estudiantes y profesores, y las necesidades de recursos, facilitando la toma de decisiones para la actualización de los contenidos, metodologías y estrategias de docencia (Sánchez-Retamero & Esquirol-Caussa, 2025).

Desde la perspectiva del mercado de trabajo, esta profesión dentro del sector de la Construcción sigue en aumento constante. Así, en el informe "Tendencias del mercado de trabajo en España 2025 (Observatorio de las ocupaciones. Ministerio de Trabajo y Economía Social, 2025) en el área de Construcción hay un aumento continuo de ocupados desde el 2015 (Ver tabla 1):

Tabla 7. Datos del mercado de trabajo: Fuente: Observatorio de las ocupaciones 2025

Tabla 1. Datos del mercado de trabajo

Tabla	Sectores	Ocupados (en miles)				
		2015	2023	2024	Var. (%) 2024/15	Var. (%) 2024/23
EPA (INE)	Agricultura	779,7	793,5	736,9	-5,49	-7,13
	Industria	2.463,4	2.864,3	2.919,6	18,52	1,93
	Construcción	1.058,5	1.435,0	1.479,8	39,80	3,12
	Servicios	13.792,5	16.296,9	16.721,5	21,24	2,61
	Total	**18.094,2**	**21.389,7**	**21.857,9**	**20,80**	**2,19**

Lo que también se constata en el aumento de afiliados en 2024 en las actividades de Servicios Técnicos de Arquitectura e Ingeniería (15.235), Construcción de edificios (10.736) y Construcción especializada (12.755).

En el último informe Euroconstruct de diciembre 2024 y el resumen por parte del ITEC, se comenta que (Euroconstruct - ITEC, 2024):

"En *el sector construcción el alivio proporcionado por los tipos de interés y por la estabilización de los costes, más el inminente cierre de la ventana de oportunidad de los fondos Next Generation han contribuido a que en el tramo final del 2024 se produjese un repunte de la cartera de proyectos. Todo ello crea las condiciones para que la producción en 2025 crezca un 3,5% y finalmente muestre más ímpetu que el PIB. No está del todo claro si el sector tendrá suficiente capacidad productiva para atender al extra de demanda, pero si esa amenaza no se materializa, vemos factible que el sector mantenga estos ritmos de crecimiento también en 2026 (4%) y 2027 (3,5%)*".

El crecimiento de la aportación del PIB de la Construcción fue en 2023 de un 10,6 % más respecto al año 2022. El porcentaje en 2023 aumentó hasta un 5 % del PIB.

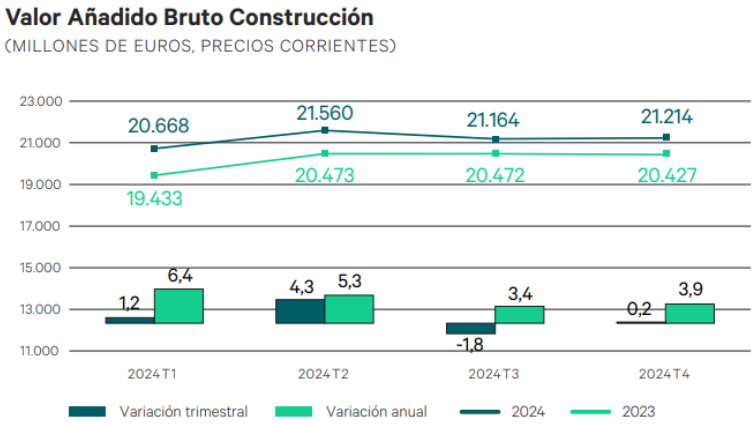
Si se analiza el Índice de producción de la construcción (EIPIC) y en la publicación de los resultados provisionales se constatan que en el 2024 la tendencia de la producción ha sido de subida, con el siguiente desglose de la tabla 2:

Tabla 8. Producción. Variación interanual en Construcción año 2024. Fuente: Índice de prod. Construcción (EIPIC) y elaboración propia

PRODUCCIÓN				
TOTAL NACIONAL (Base 2021 = 100)				
PERIODO	**TOTAL**	**EDIFICACIÓN**	**INGENIERÍA CIVIL**	**OTRAS ACTIVIDADES**
2024 Dic	154,49	156,56	149,37	80,08
2023 Dic	143,37	140,95	160,60	110,57
Diferencia	**7,75 %**	**11,08%**	**-6,99 %**	**-27,58 %**

Aunque en el total ha habido un aumento de la producción del 7,75%, el crecimiento ha sido mayor en Edificación (11,08%) y un descenso en Ingeniería Civil (-6,99%).

En este aspecto, el Informe sobre el sector de la Construcción 2024 (Fundación Laboral de la Construcción, 2024) también denota el notable aumento de valor en este sector en la economía española (gráfica 1):



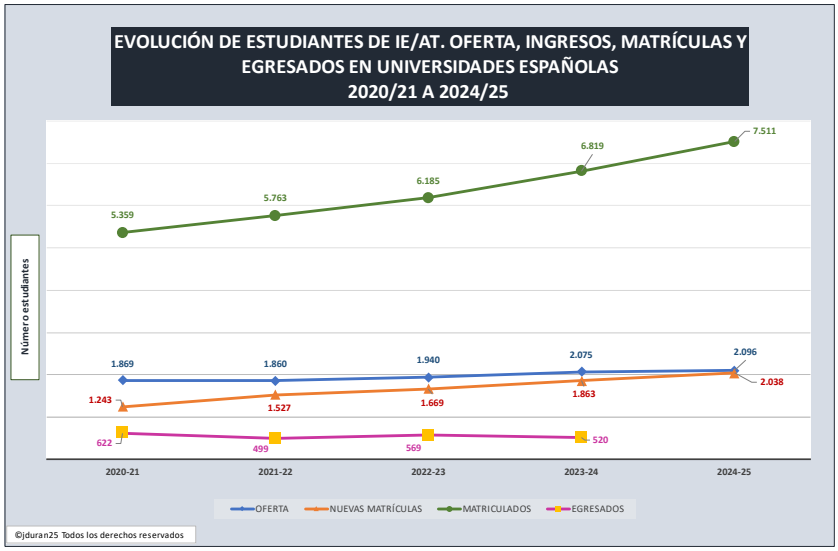
Gráfica 1. Valor añadido bruto en Construcción. Fuente: Informe sobre el sector de la construcción 2024

Por tanto, a nivel profesional el mercado demanda gran cantidad de técnicos de las carreras asociadas a la construcción, dado el aumento de la actividad en el Sector de la Construcción.

Con esta perspectiva del mercado laboral asociado a las carreras técnicas, sería interesante ver los valores, índices y tasas de distintas variables de éstas y su correlación con la situación del sector de la construcción.

Respecto a la pirámide de edad de los técnicos que han estudiado ED/AT, en el informe Perspectiva professió 2020. Arquitectura Tècnica. Informe de resultats (Cateb – Col·legi de l'Arquitectura Tècnica de Barcelona, 2020) se estima que el mayor porcentaje -59%- está entre 36-55 años, el 23% con más de 55 años y un 18% menor de 35 años.

En último lugar y analizando la evolución de matriculaciones de la carrera de grado en Edificación/Arquitectura Técnica de la Universidad española, tenemos los siguientes resultados de la gráfica 2 (Durán Álvarez, 2025a).



Gráfica 2. Evolución estudiantes IE/AT. Ingresos, egresados en Universidades españolas 2020/21 a 2024/25. Fuente: Observatorio de la Producción científica de la IE/AT de España 2024

En donde se observa que, aunque existe un aumento constante de los alumnos matriculados, el número de egresados sigue lastrado por la crisis de la construcción que hubo y gran descenso de matriculaciones que conllevó.

2. OBJETIVOS

El Objetivo principal en este trabajo es una visión holística de la correspondencia de la actividad del sector de la Construcción con las carreras asociadas a éste, estudiando todas las Universidades españolas en donde se imparte la carrera de Grado en Edificación/Arquitectura Técnica y su correspondencia con Ingeniería Civil y Arquitectura. Además, se cotejarán los valores, con los datos medios de las distintas Universidades en el total de su docencia.

Los Objetivos secundarios serían:

- **OS1**: Inicio de estudios. Analizar los datos iniciales sobre notas de corte de las carreras y número total de alumnos en Arquitectura Técnica respecto a las distintas Universidades.
- **OS2**: Desarrollo de los estudios: Estudiar la duración media de los estudios, tasa de eficiencia, rendimiento, éxito, nota media de la titulación, abandono y tasa de graduación.
- **OS3**: Finalización de estudios y mercado laboral. Recabar información sobre satisfacción de los estudiantes sobre la carrera, inserción laboral y ajuste del nivel de estudios.
- **OS4**: Relación entre docencia y mercado laboral de la Edificación y Arquitectura Técnica.

3. METODOLOGÍA

Este trabajo parte de los resultados obtenidos en el Observatorio de la Producción Científica de la Ingeniería de Edificación y Arquitectura Técnica de España 2024 (Durán Álvarez, 2025b) para obtener resultados de matriculaciones y Escuelas donde se imparte Grado en Edificación/Arquitectura Técnica.

Las fuentes de información sobre los distintos valores de las carreras se han obtenido de:

- Portales de transparencia de las Universidades.
- Memorias de gestión de las Universidades y Escuelas universitarias de ED/AT.
- Memorias de la calidad de las Escuelas universitarias de ED/AT.
- Observatorios universitarios: Iune (Alianza U4, 2025a), U-Ranking(Fundación BBVA & Ivie, 2025a), y UNIVbase (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2025a).
- Instituto Nacional de Estadística (Ministerio Ministerio de Economía, Comercio y Empresa. Instituto Nacional de Estadística, 2025).

En las carreras asociadas al sector de la Construcción en la Universidad española:

- Edificación y Arquitectura Técnica –ED/AT- (Grado en Arquitectura Técnica, Grado en Ingeniería de Edificación, Grado en Edificación, Graduado en Edificación y Arquitectura Técnica)
- Ingeniería Civil –IC- (Grado en Ingeniería Civil, Grado en Ingeniería Civil y Territorial, Grao en Tecnoloxía de Enxeñaría Civil)
- Arquitectura –FA- (Grado en Fundamentos de Arquitectura, Grado en Arquitectura, Grado en Estudios de Arquitectura)

Con posterioridad se ha analizado los datos individuales, unificando las escalas de baremación de las distintas Universidades, para obtener resultados homogéneos.

Finalmente, se han elaborado metadatos, calculando medias sobre los resultados para poder tener una visión general tanto de la Universidad, como de su relación o no con el mercado laboral.

Las variables utilizadas son:

- **Ajuste del nivel de estudios:** Porcentaje de graduados afiliados a la Seguridad Social en un grupo de cotización relacionado con el nivel de formación superior. Se considera nivel universitario: grupos de cotización relacionados con el nivel de formación superior (ingenieros, licenciados, alta dirección, diplomados e ingenieros técnicos).
- **Índice de satisfacción de alumno**: Resultado en escala 1-10 de las encuestas a los alumnos en las distintas asignaturas de la carrera
- **Índice de satisfacción egresados**: Resultado en escala 1-10 de las encuestas a los egresados transcurridos 2-3 años de la finalización de la carrera.
- **Inserción laboral egresados**: Para un curso académico X, porcentaje de no desempleados en el título T. Dato que se obtiene de la encuesta que se realiza a egresados tres años después de finalizar el título.
- **Tasa de abandono**: Relación porcentual entre los estudiantes de una cohorte de entrada C matriculados en el título T en el curso académico X, que no se han matriculado en dicho título T en los cursos X+1 y X+2, y el número total de estudiantes de tal cohorte de entrada C que accedieron al mencionado título T el curso académico X.
- **Tasa de eficiencia**: Relación porcentual entre el número total de créditos ordinarios superados por los estudiantes graduados de una cohorte de graduación G y el total de créditos ordinarios en los que efectivamente se han matriculado los estudiantes graduados de dicha cohorte de graduación G en el título T.
- **Tasa de graduación**: Relación porcentual entre los estudiantes de una cohorte de entrada C que superan, en el tiempo previsto más un año, los créditos conducentes a un título T y el total de los estudiantes de nuevo ingreso de la misma cohorte C en dicho título T.
- **Tasa de rendimiento**: Para un curso académico X, relación porcentual entre el número de créditos ordinarios superados en el título T y el número total de créditos ordinarios matriculados en el título T.

4. RESULTADOS

4.1 Universidades y carreras

En este estudio se han extraído datos de 21 Universidades españolas donde se imparte Grado en Edificación/Arquitectura Técnica, de las cuales hay sólo tres en donde ha sido imposible obtenerlos de la información de la propia Universidad. No obstante, pensamos que no afecta a los resultados globales dado que, en número de alumnos, son de las que menos tienen, por lo que no hacen variar apreciablemente los resultados de este estudio y sigue siendo representativo de la Universidad española.

Exceptuando una, todas son universidades públicas.

4.2 Carreras técnicas. Inicio de estudios. Notas de corte y número de alumnos matriculados

Se han obtenido medias de las tres carreras con los siguientes resultados:

4.2.1 *Notas de corte*

En el curso 2024-25, las notas de corte son las siguientes:

Tabla 9. Notas de corte carreras técnicas sector de la Construcción. Fuente: Datos portales de transparencia, memorias de gestión y elaboración propia.

Carrera	Notas de corte 2024-25
Edificación y Arquitectura Técnica	6,25
Ingeniería Civil	6,74
Arquitectura	9,23

Como se observa en esta tabla 3, FA tiene la nota más alta de entrada, seguida de IC y GE/AT. En Edificación/Arquitectura Técnica e Ingeniería Civil, numerosas Escuelas tienen nota de corte de 5,00, por ello baja la nota media de entrada. Se observan grandes diferencias entre unas Escuelas y otras tanto en ED/AT como en IC. En FA, en cambio, las notas de entrada, exceptuando las Universidades privadas, son homogéneas.

4.2.2 *Número de alumnos matriculados*

Los datos de UNIVBASE respecto al curso 2021-22 son los siguientes:

Tabla 10.Alumnos matriculados en carreras técnicas del sector de la construcción 2021/2. Fuente: UNIVbase y elaboración propia

Carrera	Número de alumnos matriculados 2021-22
Edificación y Arquitectura Técnica	5.019
Ingeniería Civil	7.056
Arquitectura	18.207

En los datos de esta tabla 4, los matriculados en Arquitectura doblan o triplican los de Edificación/Arquitectura Técnica y los de Ingeniería Civil.

4.3 Carreras técnicas. Desarrollo de estudios. Duración y resultados.

En el estudio del total de las Universidades españolas con Edificación y Arquitectura Técnica, y calculando las medias de las distintas variables obtenemos los siguientes resultados:

4.3.1 *Duración de la carrera*

Analizando el curso 2024-25 la duración media de estas carreras es:

Tabla 11. Duración de las carreras técnicas del sector de la construcción 2004-25. Fuente: Datos portales de transparencia, memorias de gestión y elaboración propia

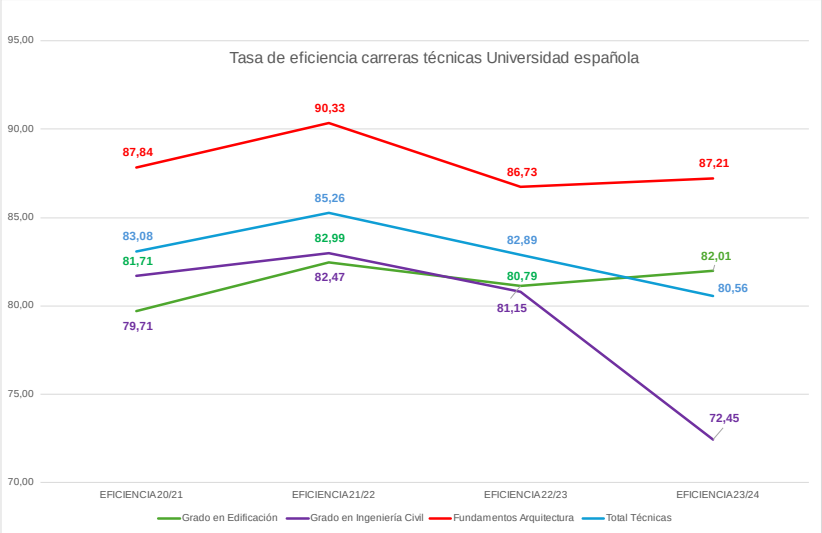
Carrera	Duración media (años)
Edificación y Arquitectura Técnica	6,26
Ingeniería Civil	6,74
Arquitectura	6,23

Como se observa en esta tabla 5, en las tres el resultado es similar. Estudiando en detalle el caso de ED/AT, hay mucha variación. Tenemos una Universidad con una duración media de 8,63 años (más del doble) y otra con 4 años.

A nivel de la Universidad española en general la duración media de las carreras es de 4,84 en el curso 2021/22 según UNIVbase (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2025b).

4.3.2 *Tasa de eficiencia*

En el curso 2024-25 los datos totales de eficiencia son de:



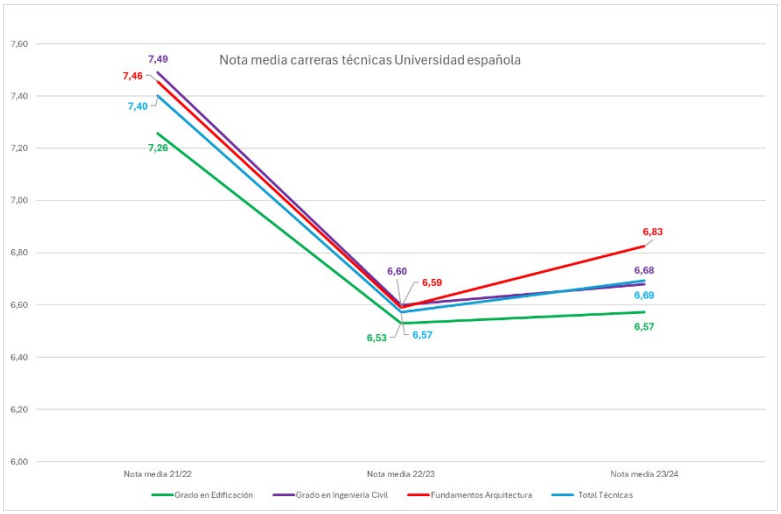
Gráfica 3. Tasa de eficiencia carreras técnicas del sector de la construcción 2020/21 a 2023/24. Fuente: Datos portales de transparencia, memorias de gestión y elaboración propia

Como se comprueba en la gráfica 3, FA tiene una tasa de eficiencia superior a ED/AT. IC en el curso 2023/24 baja significativamente.

Como dato, la tasa de éxito en el total de las carreras en la Universidad española es del 90,51 % UNIVbase (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2025c).

4.3.3 *Nota media de la titulación*

Analizando el curso 2021-22 a 2023-24 las notas medias son los de la gráfica 4:



Gráfica 4. Nota medida titulación carreras del sector de la Construcción 2021/22 a 2023/24. Fuente: Datos portales de transparencia, memorias de gestión y elaboración propia

Las tres carreras tienen un comportamiento muy similar, incluso en la disminución de la nota media final a lo largo de los años.

A nivel del total de carreras universitarias, la nota media es de 7,41 en el año 2021/22 según UNIVbase (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2025d).

4.3.4 *Tasa de abandono*

En el curso 2023-24 la tasa de abandono ha sido de:

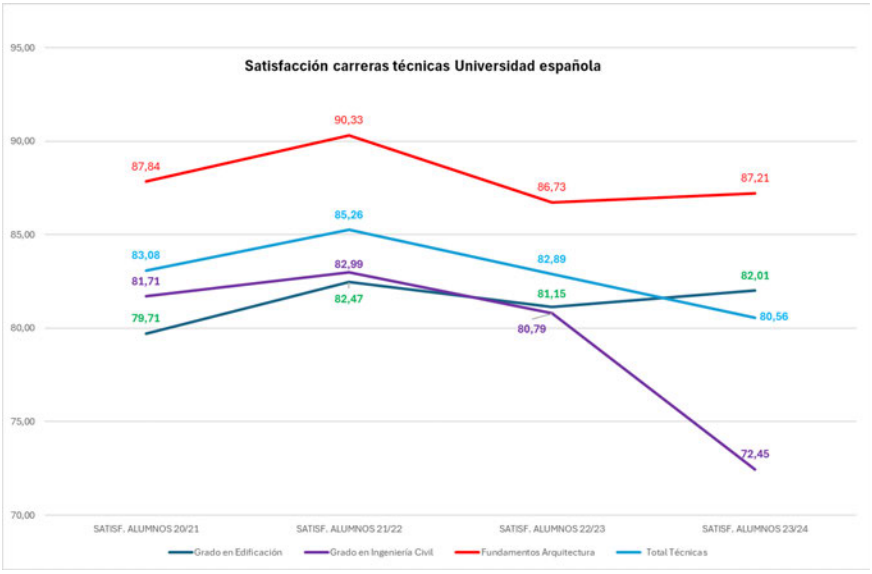
Tabla 12. Tasa de abandono carreras del sector de la Construcción. Fuente: Datos portales de transparencia, memorias de gestión y elaboración propia

Carrera	Tasa abandono
Edificación y Arquitectura Técnica	29,56
Ingeniería Civil	31,66
Arquitectura	19,76

Si comparamos esta tabla 6, con la tasa de abandono general de la Universidad española en el curso 21/22 que es de 19,53, se observa que en las carreras técnicas es muy alto el abandono en ED/AT y en IC.

4.4 Carreras técnicas. Finalización y mercado laboral

4.4.1 *Satisfacción de los alumnos*



Gráfica 5. Satisfacción de alumnos de carreras del sector de la Construcción. Fuente: Datos portales de transparencia, memorias de gestión y elaboración propia

Como se comprueba, FA es la carrera con mayor satisfacción por parte de los alumnos, quedando IC, por debajo con un descenso acusado en el año 2023/24. Aquí cabe destacar un resultado del II Informe de satisfacción del sistema universitario español (Asociación K60, 2025): "el profesorado tiene una visión más positiva que los estudiantes y ex alumnos".

4.4.2 *Tasa de graduación*

En esta tabla 7, la tasa de graduación de las tres carreras tiene una media de 27,90 %, muy lejana a la tasa de graduación 21/22 del total de la Universidad española que está en un 53,36 %.

Tabla 13. Tasa de graduación carreras del sector de la Construcción 24/25. Fuente: Datos portales de transparencia, memorias de gestión y elaboración propia

Carrera	Tasa de graduación 24/25
Edificación y Arquitectura Técnica	28,28
Ingeniería Civil	25,85
Arquitectura	29,58

4.5 Mercado laboral. Situación actual y evolución

4.5.1 *Bases de cotización*

Si se estudia el mercado laboral estas carreras técnicas más representativas de este sector, las bases de cotización existentes en 2024 son las siguientes de la tabla 8, según el Observatorio U-Ranking(Fundación BBVA & Ivie, 2025b):

Tabla 14. Base de cotización de carreras del sector de la Construcción 2024. Fuente: Observatorio U-Ranking

Carrera	Base de cotización 2024 (€)
Grado en Edificación	31.720,00
Grado en Ingeniería Civil	33.026,00
Fundamentos Arquitectura	28.204,00

Es de destacar que en las cotizaciones tienen diferencias apreciables. El grado en IC tiene la base de cotización más alta, mientras que FA la más baja, estando ED/AT en una zona intermedia.

4.5.2 *Inserción laboral*

Si analizamos la tabla 9, ED/AT tiene el porcentaje más alto de empleo, cercano al 100%, lo cual se refleja en las últimas encuestas de 2025. Estando, FA, como la carrera técnica con menor inserción laboral.

No obstante, en comparación con la tasa de afiliación de los universitarios en 2024 cercana al 80,00 % (Ministerio Ministerio de Economía, Comercio y Empresa. Instituto Nacional de Estadística, 2025b), las tres carreras tienen una inserción laboral alta.

Tabla 15. % de inserción laboral de carreras del sector de la Construcción 2024. Fuente: Datos portales de transparencia, memorias de gestión y elaboración propia

Carrera	Inserción laboral 2024 (%)
Edificación y Arquitectura Técnica	95,49
Ingeniería Civil	84,65
Arquitectura	83,68

4.5.3 *Ajuste al nivel de estudios*

El ajuste a nivel de estudios es más alto en lC y menor en ED/AT. No obstante, si lo comparamos con el dato del total de las carreras de la Universidad española (60,9 %)(Fundación BBVA & Ivie, 2025c), es superior en todos los casos.

Tabla 16. Ajuste al nivel de estudios carreras del sector de la Construcción. Fuente: Observatorio U-Ranking y elaboración propia

Carrera	Ajuste a nivel de estudios
Edificación y Arquitectura Técnica	69,90
Ingeniería Civil	80,40
Arquitectura	74,70

4.5.4 *Reposición de Ingenieros de Edificación/Arquitectos Técnicos (IE/AT) en el mercado laboral*

En el Observatorio de la Producción Científica de los IE/AT (Durán Álvarez, 2025b) según datos del Consejo General de la Arquitectura Técnica, se calcula un número de colegiados de IE/AT en 47.106 y por extrapolación el total de IE/AT, podría ser sobre 80.000 técnicos. Si se calcula la tasa de reposición, tomando como referencia el estudio del Colegio de Arquitectos Técnicos de Barcelona (Cateb – Col·legi de l'Arquitectura Tècnica de Barcelona, 2020b), en donde el 23% del colectivo tiene más de 55 años, en 10 años se jubilarían 18.400 IE/AT, lo que lleva a 1.800 al año. Lo cual queda muy alejado de los 520 actuales (Durán Álvarez, 2025c).

5. CONCLUSIONES

Después de esta revisión a las tres carreras técnicas universitarias del Sector de Construcción y su comparativa entre ellas y el nivel general de las carreras universitarias se obtienen los siguientes resultados:

- **CC1**: Inicio de estudios. Analizar los datos iniciales sobre notas de corte de las carreras y número total de alumnos en Edificación/Arquitectura Técnica respecto a las distintas Universidades.

Las notas de corte de ED/AT son bajas (6,25) tanto respecto a IC y FA. También se ha constatado que en algunas de las Escuelas, la nota desciende hasta el 5,00, lo cual conlleva un nivel inicial del alumnado bajo, lo que puede influir en datos posteriores (tasa de abandono, años de carrera, nota media final).

El número total de alumnos de ED/AT matriculados aumenta año a año, pero el total de egresados sigue siendo muy bajo respecto a las necesidades del mercado laboral.

- **CC2**: Desarrollo de los estudios: Estudiar la duración media de los estudiantes en la carrera, tasa de eficiencia, nota media de la titulación, abandono y tasa de graduación.

La duración media de ED/AT es de 6,26 años para una carrera de 4 años, pero está en línea con el resto de las carreras técnicas, aunque a notable distancia de la media de la Universidad -4,84-. Las causas pueden ser múltiples. Dificultad de la carrera, afinidad de los estudiantes o nivel inicial de éstos.

La tasa de eficiencia en las carreras técnicas está en una media del 80,56 % en el curso 2023/24, mientras que la de la Universidad está en un 90,51%. Este indicativo denota que los estudiantes de ED/AT tienen un porcentaje alto de repetición de asignaturas, lo que también conlleva el aumento de la duración de los estudios.

Las notas medias en ED/AT son las más bajas (6,57) de las tres carreras analizadas y alejadas del 7,41 de la media de la Universidad. Las causas ya se han comentado antes. Se debería reflexionar sobre el impacto de las metodologías docentes sobre la mejora de la carrera o el cambio de estrategia.

La tasa de abandono también es muy alta. Tengamos en cuenta, que, analizando el grado de satisfacción que algunas Escuelas han hecho sobre los egresados, respecto a la carrera, el valor es de 6,20 sobre 10,00, valores que denotan que quizás los conocimientos adquiridos están alejados del mundo profesional. Algo general en las tres carreras analizadas.

La tasa de graduación está sobre el 28,28 %, similar al resto de las carreras técnicas. La mitad de la media de la Universidad española. La dificultad de la carrera, el nivel inicial de los estudiantes, o la inadecuación de los objetivos de las asignaturas con las metodologías utilizadas pueden ser causas de estos datos.

- **CC3**: Finalización de estudios y mercado laboral. Recabar información sobre satisfacción de los estudiantes sobre la carrera, inserción laboral y ajuste del nivel de estudios.

La satisfacción del estudiante con el total de las asignaturas de ED/AT que ha cursado es del 82,01 %, estando en un rango medio de las carreras técnicas. Analizando el total del SUE, (3,30 s/5,00 = 66,00 %), los valores son altos.

La inserción laboral es muy alta en ED/AT, rozando el 100,00%, pero el ajuste del nivel de estudios es el más bajo de las carreras técnicas.

- **CC4**: Relación entre docencia y mercado laboral de la ED/AT. Edificación y Arquitectura Técnica

En la carrera de Edificación y Arquitectura Técnica, están subiendo el número de matriculaciones, si bien sigue lastrada aún por la crisis de 2008. El número de egresados que salen son insuficientes para una reposición del colectivo profesional. Además, cada vez hay más demanda de este colectivo, por lo que el problema se incrementa.

Respecto a la carrera universitaria, la nota de entrada es baja, por lo que el nivel inicial del estudiante es menor que en otras carreras técnicas. Eso conlleva, una tasa de abandono alta, una duración total de la carrera elevada y una nota media final menor que la media de la Universidad. Respecto al grado de satisfacción hay dos vertientes. La satisfacción de los alumnos sobre las asignaturas que reciben es de media alta, pero la satisfacción de los egresados baja de forma apreciable. Quizás es necesaria una adecuación de la carrera a las necesidades reales del mercado laboral.

En último lugar, como dato también que llama a la reflexión, es que la base media de cotización de los profesionales de Edificación/Arquitectura Técnica es alta, más que otras carreras que exigen más nota de entrada y más años para ser habilitantes. La elección de los alumnos respecto a la carrera puede ser que tenga más que ver con razones subjetivas de "fama" o "nombre", por lo que es otro punto que mejorar en Edificación y Arquitectura Técnica, dado que tiene todas las aptitudes para que tenga muchos más alumnos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alianza U4. (2025, junio 11). Observatorio Iune 2024. IUNE 2024. https://alliance4universities.eu/observatorio-iune/

Asociación K60. (2025). II informe sobre la satisfacción del sistema universitario español. Curso 2023-24 (p. 75 p.). Asociacion K60. https://www.espaciosdeeducacionsuperior.es/wp-content/uploads/2025/01/II-Informe-Estudiantado-Espanol_v2.pdf

Cateb – Col·legi de l'Arquitectura Tècnica de Barcelona. (2020). Perspectiva professió 2020. Arquitectura Tècnica. Informe de resultats (p. 32 p.). Col·legi de l'Arquitectura Tècnica de Barcelona. https://documents.cateb.cat/Comunicacio/perspectiva-2020.pdf?_gl=1*1nqk1cz*_gcl_au*Mjk0MTYzNTE1LjE3NTExNzI3MzE.*_ga*OTY2MTcwOTA3LjE3MTMwMzA3NDY.*_ga_08WFWZW0CD*czE3NTExNzI3MzEkbzExJGcwJHQxNzUxMTcyNzMxJGo2MCRsMCRoMTI3Nzc0MDgz

Durán Álvarez, J. M. (2025). Observatorio de la Producción Científica de la Ingeniería de Edificación y Arquitectura Técnica de España 2024. Unidad de Evaluación de la Actividad Científica. Vicerrectorado de Investigación y Transferencia. Universidad de Granada. https://digibug.ugr.es/handle/10481/103743

Fundación BBVA, & Ivie. (2025, junio 12). U-Ranking. Universidades españolas. U Ranking. Universidades españolas. https://www.u-ranking.es/

Fundación Laboral de la Construcción. (2024). Informe sobre el sector de la construcción 2024 (p. 54 p.). Fundación Laboral de la Construcción. https://www.observatoriodelaconstruccion.com/uploads/media/xn5kzEc36v.pdf

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. (2025, mayo 12). UNIVbase. UNIVbase. https://estadisticas.universidades.gob.es/dynPx/inebase/index.htm?type=pcaxis&path=/Universitaria/Alumnado/EEU_2023/Serie/GradoCiclo/&file=pcaxis&l=s0

Ministerio Ministerio de Economía, Comercio y Empresa. Instituto Nacional de Estadística. (2025, abril 16). INE. Instituto Nacional de Estadística. INE. https://www.ine.es/index.htm

Sánchez-Retamero, Y., & Esquirol-Caussa, J. (2025). Estrategias para la mejora de la eficacia formativa en el grado de fisioterapia: Análisis de indicadores académicos y propuestas de innovación educativa. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27881.20323

ANÁLISIS DE LA IMPLANTACIÓN DEL NUEVO PLAN DE ESTUDIOS DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF THE NEW SYLLABUS OF TECHNICAL ARCHITECTURE

Juan Luis Pérez-Ordóñez [(1)], Sindy Seara-Paz [(2)], Marta Benítez-García [(3)], Carlos Losada-Pérez [(4)]

Universidade da Coruña, E.U. de Arquitectura Técnica, Rúa da Fraga 27, 15008, A Coruña.
[1] juan.luis.perez@udc.es
[2] gumersinda.spaz@udc.es
[3] marta.benitez@udc.es
[4] c.losada@udc.es

RESUMEN

En el curso 2020-2021 se inicia el nuevo plan de estudios del Grado en Arquitectura Técnica en la Universidade da Coruña, como resultado de la actualización y mejora del anterior plan de estudios, implantado en el curso 2009-2010 bajo la denominación inicial de Grado en Ingeniería de Edificación. El principal objetivo de este cambio radica en la intención de mejorar la calidad de la titulación y adecuar la formación a las necesidades actuales de la profesión incorporando contenidos clave como la aplicación de la metodología BIM, la sostenibilidad en la edificación, así como una formación más sólida en geotecnia y cimentaciones y un incremento de los contenidos relativos a las asignaturas de construcción. Como parte de este proceso de mejora del plan de estudios, también se ha llevado a cabo un análisis de los contenidos de las distintas asignaturas con el fin de evitar solapes o carencias en los mismos para cada una de las áreas de la titulación.

En el curso 2023-2024 se ha completado el ciclo de 4 años tras su implantación por lo que se ha realizado un estudio para evaluar la calidad de los cambios realizados a través del análisis del grado de consecución de los objetivos de aprendizaje propuestos y de las competencias a adquirir por el estudiantado. Como parte de esta evaluación, se ha llevado a cabo un análisis comparativo de la evolución y mejora de las tasas e indicadores académicos del título en relación con el plan de estudios anterior. En este análisis se han tenido en cuenta los resultados de las encuestas realizadas a los distintos colectivos implicados: estudiantado, profesorado, y personal de administración y servicios del centro.

Como resultado de este análisis se han propuesto e iniciado una serie de mejoras que permitan garantizar la calidad y reforzar la formación de los estudiantes para lo que se han llevado a cabo diferentes reuniones anuales de coordinación con el profesorado y con los representantes de los estudiantes para la mejora de las metodologías y resultados de las diferentes asignaturas.

Palabras clave: *Grado, Plan de estudios, Evaluación, Calidad.*

ABSTRACT

In the 2020-2021 academic year, a new syllabus for the Degree in Technical Architecture will begin at the University of A Coruña. The new plan is the result of the evolution and enhancement of the previous syllabus, which was implemented in the 2009-2010 academic year and initially called Degree in Building Engineering. The main goal of this change is to improve the degree and adjust the training to the current needs of the profession by adding aspects such as the application of the BIM methodology, sustainability in building, more knowledge in geotechnics and foundations, and an increase in the content related to construction subjects. In

this change of the study plan, an analysis of the contents of the different subjects has also been carried out to avoid overlaps or deficiencies in each of the areas of the degree.

In the 2023-2024 academic year, the 4-year cycle after its implementation has been completed, so a study has been carried out to assess the quality of the changes made through the analysis of the proposed learning objectives and the abilities to be acquired by the students. In this evaluation, a study has been carried out on the evolution and improvement of the rates and indicators of the degree of the previous plan. This analysis has considered the results of the surveys of the different groups: students, teaching staff and administration and services staff of the centre.

Because of this analysis, a set of improvements have been proposed and initiated to guarantee the quality and improve the training of students, for which different annual coordination meetings have been carried out with the teaching staff and student representatives to improve the methodologies and results of the different subjects.

Keywords: *Degree, Syllabus, Evaluation, Quality.*

1. INTRODUCCIÓN

La actualización curricular del Grado en Arquitectura Técnica en la Universidade da Coruña (UDC) responde a la necesidad de adaptar la formación universitaria a los cambios tecnológicos, normativos y profesionales del sector de la edificación. El nuevo plan de estudios, implantado en el curso 2020-2021 bajo la denominación Grado en Arquitectura Técnica v2 (GAT02), sustituye al anterior Grado en Ingeniería de Edificación, vigente desde 2009-2010. Este nuevo plan dota al estudiantado de competencias alineadas con la digitalización, la sostenibilidad e incluye las demandas actuales del mercado laboral. Con el nuevo plan no sólo se actualiza los contenidos y metodologías docentes, sino que también responde a los retos derivados de la convergencia del Espacio Europeo de Educación Superior y las transformaciones en el marco legal, como la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) y las exigencias del Código Técnico de la Edificación (CTE), que redefinen el papel del Arquitecto Técnico en el proceso constructivo (Pérez-Ordóñez et al., 2024).

La implantación del GAT02 supone una reorganización de los módulos formativos para evitar solapamientos, mejorar la coherencia entre asignaturas y reforzar áreas estratégicas como la representación gráfica, las estructuras, las instalaciones y la gestión del proceso constructivo. Además, se ha incorporado de forma estructurada la metodología BIM (Building Information Modeling), fundamental en el entorno digital actual, de la misma manera se ha realizado un enfoque transversal en la sostenibilidad y eficiencia energética, alineado con los objetivos de desarrollo sostenible (UDC, 2025).

Esta revisión se enmarca dentro de la estrategia institucional de mejora continua y aseguramiento de la calidad educativa impulsada por la UDC, en la que se fomenta una enseñanza orientada a competencias, el aprendizaje activo, la participación del alumnado y la evaluación periódica del plan de estudios a través de indicadores de rendimiento y encuestas de satisfacción (Pérez-Ordóñez et al., 2024).

2. METODOLOGÍA

La evaluación del impacto del nuevo plan de estudios se ha realizado a través de un enfoque mixto, combinando análisis cuantitativos y cualitativos:

- Análisis de indicadores académicos: Se han estudiado tasas de graduación, abandono, rendimiento, éxito y eficiencia, comparando los resultados del plan anterior (GIE) y el actual (GAT02) durante el periodo 2009-2024(UDC, 2025b).
- Revisión del plan de estudios: Se ha analizado la estructura curricular, la distribución de créditos ECTS, la organización modular y la adecuación de los contenidos a los objetivos formativos (Pérez-Ordóñez et al., 2024).
- Supervisión y seguimiento institucional: El proceso se ha desarrollado bajo el marco del Sistema de Garantía Interna de Calidad (SGIC) de la UDC, con informes anuales revisados por la Axencia para a Calidade do Sistema Universitario de Galicia (ACSUG).

3. RESULTADOS

3.1 Acceso al titulo

En la Tabla 17 se muestra la nota de corte de acceso al título. Únicamente los curos 21/22, 24/25 y 25/26 se ha cerrado la titulación en la convocatoria ordinaria. Considerando también la Figura 13 se evidencia que, aunque la nota de corte se mantiene en valores mínimos en la mayoría de los cursos, la nota media de acceso sigue una clara tendencia ascendente alcanzando el 8,6 y la nota máxima un 12,5. Esto sugiere que el acceso al título es cada vez más competitivo y que los estudiantes admitidos presentan expedientes académicos más sólidos. La evolución positiva de la nota media es un indicador de la mejora en el rendimiento académico de los nuevos estudiantes y del atractivo creciente del título ofertado. En el próximo curso 2025/2026 se ha cerrado la titulación en el segundo llamamiento y la nota mostradas en la tabla es la del último que se ha convocado.

Tabla 17 Notas de corte de acceso al título (UDC 2025c)

Curso	Convocatoria	Nota de corte
2020/2021	EXTRA	5
2021/2022	ORDINARIA	5
2022/2023	EXTRA	5,27
2023/2024	EXTRA	6,08
2024/2025	ORDINARIA	5
2025/2026	ORDINARIA	7,908

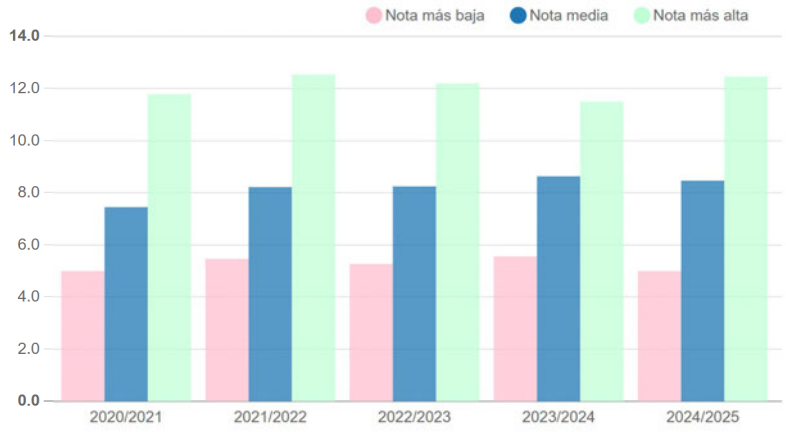


Figura 13. Evolución de las notas de acceso PAU

3.2 Tasa de abandono

Tabla *18* Tasa de abandono del Grado en Arquitectura Técnica en su versión 1 y 2

Título	Curso	Alumnos de nuevo Ingreso	Nuevos en Primero	Abandonos	Taxa %
GATv01	2010/2011	328	186	40	12,2
	2011/2012	329	114	26	7,9
	2012/2013	171	37	34	19,9
	2013/2014	95	14	19	20,0
	2014/2015	92	23	20	21,7
	2015/2016	51	15	19	37,3
	2016/2017	24	10	6	25,0
	2017/2018	38	22	12	31,6

Título	Curso	Alumnos de nuevo Ingreso	Nuevos en Primero	Abandonos	Taxa %
	2018/2019	34	22	4	11,8
	2019/2020	52	23	14	26,9
GATv02	**2020/2021**	**48**	48	**18**	**37,5**
	2021/2022	**51**	41	**18**	**35,3**
	2022/2023	**70**	46	**12**	**17,1**
	2023/2024	**68**	47	**17**	**25,0**
	2024/2025	**72**	53		
	2025/2026	**62**	60		

La tasa de abandono se define como la relación porcentual entre el alumnado de la cohorte de ingreso matriculado en la titulación en el curso académico, que no se matricularon en dicha titulación en los dos cursos siguientes, y el número total de alumnado de dicha cohorte de ingreso que accedió a la mencionada titulación en el curso académico. El objetivo de esta tasa es informar anualmente sobre la proporción de alumnado que abandona la titulación con respecto al alumnado matriculado inicialmente. Como se puede comprobar en la Tabla *18* Tasa de abandono del Grado en Arquitectura Técnica en su versión 1 y 2Tabla 18 la tasa de abandono del Grado en Arquitectura Técnica, en ambas versiones, ha sido elevada en varios cursos, sobre todo en periodos de cambio. Aunque cabe resaltar que existe una tendencia reciente a la baja. Esto sugiere una mejora en los procesos de orientación, selección y adaptación de los estudiantes, así como una mayor consolidación del nuevo plan de estudios.

3.3 Tasas de Rendimiento, evaluación, éxito y eficiencia

En la Tabla 19 se muestra las tasas de rendimiento, evaluación, éxito y eficiencia de los títulos a nivel global, y en detalle para el nuevo plan de estudios. Se han calculado según indican las ecuaciones (1 a 4).

El análisis de los datos revela que el rendimiento global ha disminuido en la nueva versión del título (GATv02) respecto a la anterior. Sin embargo, se observa una tendencia positiva en los últimos cursos, lo que sugiere una adaptación gradual de los estudiantes y del profesorado al nuevo plan. De igual modo la tasa de evaluación y tasa de éxito también es inferior en GATv02, pero la mejora en los últimos dos cursos indica una mayor participación y presentación de los estudiantes a las evaluaciones.

Se debe resaltar que las tasas mostradas en la Tabla 19 dependen en gran medida de las situaciones particulares de cada periodo. Por ejemplo, la tasa de eficiencia del GATv02 no se puede considerar significativa puesto que en la fecha de redacción de este artículo únicamente se computa para su cálculo los alumnos que han superado el título y únicamente han finalizado 7 alumnos. En cambio, para versión anterior del plan de estudios está calculada en base a 919 alumnos de los cuales los 4 primeros cursos de la implantación de GATv01 (287) principalmente son egresados que vienen o del cambio del plan de estudios del anterior título de Arquitecto Técnico o ya titulados en Arquitectura Técnica y realizaron la adaptación al grado de su título. En estos cursos la tasa de eficiencia es cercana al 100% con lo que el dato agregado está sesgado por los años iniciales.

Tabla 19. Tasas de eficiencia del Grado en Arquitectura Técnica en su versión 1 y 2

Título	Curso	Rendimiento (1)	Evaluación (2)	Éxito (3)	Eficiencia (4)
GATv01	Global (2009-2024)	58%	76%	75%	78%
GATv02	Global (2020-2024)	47%	70%	68%	98%
	2020/2021	32%	55%	57%	-
	2021/2022	39%	61%	63%	-
	2022/2023	50%	73%	69%	99%
	2023/2024	52%	73%	72%	98%

$$Tasa\ rendimiento = \frac{Créditos\ superados}{Créditos\ matriculados} \quad \textbf{(1)}$$

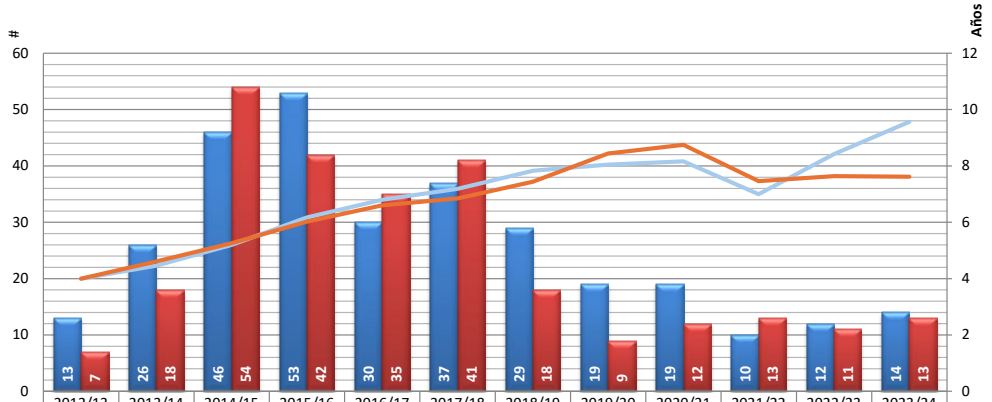
$$Tasa\ evaluación = \frac{Créditos\ presentados}{Créditos\ matriculados} \quad \textbf{(2)}$$

$$Tasa\ éxito = \frac{Créditos\ superados}{Créditos\ presentados} \quad \textbf{(3)}$$

$$Tasa\ eficiencia = \frac{Créditos\ teoricos}{Créditos\ reales} \quad \textbf{(4)}$$

3.4 Años empleados para cursar el título

La duración real del título se calcula como la media del tiempo que un estudiante emplea para graduarse. Expresa la duración real que los estudiantes necesitan para finalizar el título. Cabe destacar que únicamente se tiene en cuenta a los alumnos que hayan cursado 4 o más años. Lamentablemente, no se dispone de datos significativos del nuevo título, por lo que también se muestran los datos del plan anterior. Como se observa en la Figura 2, a lo largo de los años se incrementa el número de años empleados para finalizar la titulación. En cuanto a las diferencias por sexo, los datos son similares, salvo en los últimos años, en los que las mujeres consiguen terminar la titulación en menos tiempo. Una de las principales causas del aumento en el número de años es la alta empleabilidad de los titulados que, ante la escasez de graduados, lleva a que los empleadores contraten a alumnos de últimos cursos, principalmente a aquellos a los que les queda únicamente el TFG. Este hecho contribuye a dilatar la media de finalización de los estudios entre 2 y 3 años adicionales.



	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24
Hombres	13	26	46	53	30	37	29	19	19	10	12	14
Mujeres	7	18	54	42	35	41	18	9	12	13	11	13
Duración media (hombres)	4	4,46	5,2	6,17	6,8	7,19	7,83	8,05	8,16	7	8,42	9,57
Duración media (mujeres)	4	4,61	5,26	6,02	6,6	6,85	7,44	8,44	8,75	7,46	7,64	7,62

Figura 14. Duración media de los estudiantes en GATv01

3.5 Indicadores de las asignaturas en detalle

En la Tabla 20 se muestra una visión precisa sobre la evolución de las asignaturas del Grado en Arquitectura Técnica en la Universidade da Coruña, centrándose en las tasas de evaluación, rendimiento y éxito por asignatura a lo largo de los 4 años, sin contar el curso actual puesto que a la hora de realizar este artículo aún no se han obtenido los resultados de la segunda oportunidad. Destacan los siguientes comentarios:

- Materias de **Estructuras:** aunque por tradición se consideran complejas, se muestra una progresión hacia la mejora de los indicadores sobre todo a partir del segundo año de implantación del nuevo plan.
- Las asignaturas de **Expresión Gráfica** destacan por su progresión ascendente tanto en tasa de evaluación como de éxito, reflejando una mejor adaptación del alumnado a los contenidos y a las herramientas digitales incorporadas en el nuevo plan de estudios.

- En las asignaturas de **Construcción** existe una clara mejoría a través de los cursos sobre todo "Construcción I". La implementación de nuevas metodologías docentes y la incorporación de nuevo profesorado a la asignatura junto con su buena coordinación han contribuido a una mejora continua en los resultados académicos de los estudiantes en estas materias.
- En las asignaturas de **Instalaciones** destaca el comportamiento irregular de "Instalaciones de edificación I", en la que tiene tasas de rendimiento y éxito por debajo de la media del título. Las dificultades suelen estar relacionadas con la carga técnica y la transversalidad de los contenidos, requiriendo refuerzos metodológicos.

Tabla 20. Tasas de evaluación, rendimiento y éxito por asignatura

Asignatura	Mat.	Pres.	Apr.	Tasa evaluación	Tasa rendimiento	Tasa éxito
1101 - Fundamentos Matemáticos para a Edificación	**269**	**155**	**72**	**58%**	**27%**	**46%**
2020/2021	44	22	8	50%	18%	36%
2021/2022	59	29	15	49%	25%	52%
2022/2023	77	52	22	68%	29%	42%
2023/2024	89	52	27	58%	30%	52%
1102 - Xeometría Descritiva e da Representación	**242**	**126**	**105**	**52%**	**43%**	**83%**
2020/2021	43	16	13	37%	30%	81%
2021/2022	58	25	21	43%	36%	84%
2022/2023	71	44	36	62%	51%	82%
2023/2024	70	41	35	59%	50%	85%
1103 - Expresión Gráfica Arquitectónica I	**203**	**172**	**105**	**85%**	**52%**	**61%**
2020/2021	43	33	15	77%	35%	45%
2021/2022	49	41	27	84%	55%	66%
2022/2023	54	49	31	91%	57%	63%
2023/2024	57	49	32	86%	56%	65%
1104 - Fundamentos Mecánicos das Estruturas de Edificación	**214**	**167**	**77**	**78%**	**36%**	**46%**
2020/2021	45	35	19	78%	42%	54%
2021/2022	47	32	12	68%	26%	38%
2022/2023	61	49	27	80%	44%	55%
2023/2024	61	51	19	84%	31%	37%
1105 - Materiais de Construción I	**208**	**167**	**133**	**80%**	**64%**	**80%**
2020/2021	44	34	26	77%	59%	76%
2021/2022	48	34	29	71%	60%	85%
2022/2023	56	49	40	88%	71%	82%
2023/2024	60	50	38	83%	63%	76%
1106 - Construción I	**320**	**170**	**74**	**53%**	**23%**	**44%**
2020/2021	43	17	3	40%	7%	18%
2021/2022	72	38	18	53%	25%	47%
2022/2023	94	46	18	49%	19%	39%
2023/2024	111	69	35	62%	32%	51%
1107 - Estruturas de Edificación I	**277**	**145**	**74**	**52%**	**27%**	**51%**
2020/2021	44	24	17	55%	39%	71%
2021/2022	56	28	12	50%	21%	43%
2022/2023	77	37	15	48%	19%	41%
2023/2024	100	56	30	56%	30%	54%
1108 - Fundamentos Físicos das Instalacións de Edificación	**223**	**139**	**72**	**62%**	**32%**	**52%**
2020/2021	44	24	11	55%	25%	46%
2021/2022	54	34	18	63%	33%	53%
2022/2023	63	43	25	68%	40%	58%
2023/2024	62	38	18	61%	29%	47%
1109 - Ferramentas Gráficas Dixitais para a Edificación	**246**	**128**	**115**	**52%**	**47%**	**90%**
2020/2021	47	21	18	45%	38%	86%

Asignatura	Mat.	Pres.	Apr.	Tasa evaluación	Tasa rendimiento	Tasa éxito
2021/2022	60	29	26	48%	43%	90%
2022/2023	72	45	42	63%	58%	93%
2023/2024	67	33	29	49%	43%	88%
1110 - Economía e Organización de Empresas de Edificación	**76**	**69**	**54**	**91%**	**71%**	**78%**
2021/2022	19	18	13	95%	68%	72%
2022/2023	25	22	20	88%	80%	91%
2023/2024	32	29	21	91%	66%	72%
1111 - Estruturas de Edificación II	**118**	**85**	**50**	**72%**	**42%**	**59%**
2021/2022	25	17	7	68%	28%	41%
2022/2023	42	32	21	76%	50%	66%
2023/2024	51	36	22	71%	43%	61%
1112 - Instalacións de Edificación I	**93**	**75**	**53**	**81%**	**57%**	**71%**
2021/2022	20	15	12	75%	60%	80%
2022/2023	27	20	6	74%	22%	30%
2023/2024	46	40	35	87%	76%	88%
1113 - Materiais de Construción II	**116**	**86**	**38**	**74%**	**33%**	**44%**
2021/2022	30	20	6	67%	20%	30%
2022/2023	36	29	14	81%	39%	48%
2023/2024	50	37	18	74%	36%	49%
1114 - Urbanística e Procedementos Administrativos	**85**	**82**	**57**	**96%**	**67%**	**70%**
2021/2022	21	20	12	95%	57%	60%
2022/2023	29	28	25	97%	86%	89%
2023/2024	35	34	20	97%	57%	59%
1115 - Construción II	**100**	**76**	**48**	**76%**	**48%**	**63%**
2021/2022	19	14	12	74%	63%	86%
2022/2023	38	31	21	82%	55%	68%
2023/2024	43	31	15	72%	35%	48%
1116 - Estruturas de Edificación III	**87**	**67**	**66**	**77%**	**76%**	**99%**
2021/2022	17	13	13	76%	76%	100%
2022/2023	32	25	24	78%	75%	96%
2023/2024	38	29	29	76%	76%	100%
1117 - Expresión Gráfica Arquitectónica II	**107**	**59**	**47**	**55%**	**44%**	**80%**
2021/2022	25	14	12	56%	48%	86%
2022/2023	31	14	11	45%	35%	79%
2023/2024	51	31	24	61%	47%	77%
1118 - Materiais de Construción III	**103**	**74**	**40**	**72%**	**39%**	**54%**
2021/2022	20	11	3	55%	15%	27%
2022/2023	36	27	16	75%	44%	59%
2023/2024	47	36	21	77%	45%	58%
1119 - Topografía e Trazas de Planta	**67**	**62**	**61**	**93%**	**91%**	**98%**
2021/2022	16	16	15	100%	94%	94%
2022/2023	20	18	18	90%	90%	100%
2023/2024	31	28	28	90%	90%	100%
1120 - Calidade e Sostibilidade na Edificación	**56**	**49**	**28**	**88%**	**50%**	**57%**
2022/2023	28	25	14	89%	50%	56%
2023/2024	28	24	14	86%	50%	58%
1121 - Cimentacións e Xeotecnia	**50**	**43**	**35**	**86%**	**70%**	**81%**
2022/2023	12	10	9	83%	75%	90%
2023/2024	38	33	26	87%	68%	79%
1122 - Construción III	**43**	**41**	**41**	**95%**	**95%**	**100%**
2022/2023	20	18	18	90%	90%	100%
2023/2024	23	23	23	100%	100%	100%

Asignatura	Mat.	Pres.	Apr.	Tasa evaluación	Tasa rendimiento	Tasa éxito
1123 - Instalacións de Edificación II	**38**	**34**	**33**	**89%**	**87%**	**97%**
2022/2023	19	17	16	89%	84%	94%
2023/2024	19	17	17	89%	89%	100%
1124 - Proxectos Técnicos I	**39**	**33**	**31**	**85%**	**79%**	**94%**
2022/2023	16	16	15	100%	94%	94%
2023/2024	23	17	16	74%	70%	94%
1125 - Construción IV	**42**	**39**	**36**	**93%**	**86%**	**92%**
2022/2023	13	13	13	100%	100%	100%
2023/2024	29	26	23	90%	79%	88%
1126 - Construción V	**36**	**33**	**33**	**92%**	**92%**	**100%**
2022/2023	7	7	7	100%	100%	100%
2023/2024	29	26	26	90%	90%	100%
1127 - Equipos e Medios Auxiliares para a Edificación	**31**	**27**	**23**	**87%**	**74%**	**85%**
2022/2023	15	14	13	93%	87%	93%
2023/2024	16	13	10	81%	63%	77%
1128 - Proxectos Técnicos II	**30**	**26**	**26**	**87%**	**87%**	**100%**
2022/2023	9	9	9	100%	100%	100%
2023/2024	21	17	17	81%	81%	100%
1129 - Seguridade Laboral e Prevención	**42**	**40**	**33**	**95%**	**79%**	**83%**
2022/2023	22	21	19	95%	86%	90%
2023/2024	20	19	14	95%	70%	74%
1130 - Dirección, Organización e Programación de Obras	**14**	**14**	**14**	**100%**	**100%**	**100%**
2023/2024	14	14	14	100%	100%	100%
1131 - Xestión Inmobiliaria, Taxacións, Valoracións e Arquitectura Legal	**18**	**16**	**16**	**89%**	**89%**	**100%**
2023/2024	18	16	16	89%	89%	100%
1132 - Instalacións de Edificación III e Instalacións Urbanas	**15**	**14**	**14**	**93%**	**93%**	**100%**
2023/2024	15	14	14	93%	93%	100%
1133 - Medicións, Orzamentos e Control Económico da Obra	**17**	**15**	**12**	**88%**	**71%**	**80%**
2023/2024	17	15	12	88%	71%	80%
1134 - Patoloxía, Rehabilitación e Mantemento de Edificios	**17**	**15**	**13**	**88%**	**76%**	**87%**
2023/2024	17	15	13	88%	76%	87%
1135 - Deseño de Interiores, Xardinaría e Paisaxe	**2**	**2**	**2**	**100%**	**100%**	**100%**
2023/2024	2	2	2	100%	100%	100%
1137 - Inspección de Estruturas	**2**	**2**	**2**	**100%**	**100%**	**100%**
2023/2024	2	2	2	100%	100%	100%
1139 - Prácticas Externas Curriculares	**1**	**1**	**1**	**100%**	**100%**	**100%**
2023/2024	1	1	1	100%	100%	100%
1140 - Proxecto Fin de Grao	**13**	**3**	**3**	**23%**	**23%**	**100%**
2023/2024	13	3	3	23%	23%	100%
Total general	**3660**	**2551**	**1737**	**70%**	**47%**	**68%**

3.6 Indicadores de empleo

El último informe sobre la inserción laboral del título realizado por el Observatorio Ocupacional de la Universidad de A Coruña (UDC) recoge la empleabilidad del Grado, en esta ocasión no se dispone del nuevo grado ya que el informe es del curso 2022-2023. La encuesta se ha realizado a un total de 19 egresados, de los 26 posibles con un margen de error del 11,9%. Los indicadores de inserción laboral, que se pueden consultar en la Figura 15 se calculan sobre los egresados activos (quienes trabajan o buscan empleo activamente) y se clasifica a los ocupados (empleados o autónomos) y parados (buscan empleo activamente

pero no lo tienen). Como se puede observar, la tasa de Actividad de la titulación es de 100% para los graduados en AT y la tasa de empleo es del 94,7% destacando la tasa de las mujeres de un 100%

Según la Clasificación Nacional de Ocupaciones (CNO-11) los grupos en los que más egresados están desempeñando su labor corresponde con *Profesionales científicos e intelectuales,* y *Técnicos y profesionales de nivel medio* un 39% y 50% de los encuestados respectivamente (Observatorio Ocupacional da Universidade da Coruña, 2024)

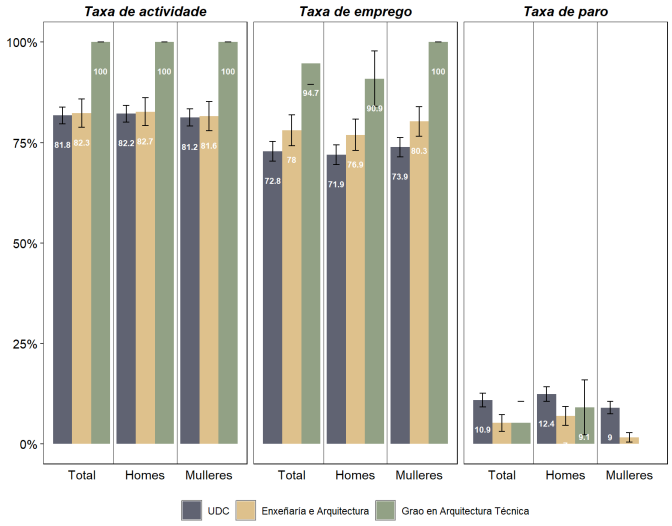


Figura 15. Indicadores de Inserción Laboral - Fuente: (Observatorio Ocupacional da Universidade da Coruña, 2024)

4. CONCLUSIONES

El nuevo plan de estudios ha logrado una integración más efectiva entre la formación académica y las exigencias actuales del sector de la edificación. La digitalización, la sostenibilidad y las nuevas metodologías constructivas se han incorporado de manera más sólida en el programa. Cabe destacar que se ha incorporado de manera transversal la metodología BIM haciendo del título muy atractivo al mercado actual.

En cuanto a los indicadores académicos, aunque el rendimiento, la tasa de evaluación y la tasa de éxito fueron inicialmente inferiores a los del plan anterior, se observa una tendencia positiva en los últimos cursos.

La nota media de acceso al título ha experimentado un crecimiento sostenido. Esto puede indicar que el perfil académico de los nuevos estudiantes es más sólido. Como aspecto negativo del título es la duración media de los estudios puesto que tiende a alargarse debido principalmente a la alta empleabilidad de título, ya que suelen incorporarse al mercado laboral antes de finalizar el grado, especialmente cuando solo les resta el Trabajo Fin de Grado

Por último, los datos de inserción laboral son muy positivos, con tasas de actividad y empleo superiores al 94%, y una inserción especialmente destacada entre las mujeres egresadas. La mayoría de los titulados desempeñan funciones acordes a su formación, tanto en el ámbito técnico como en el científico, lo que confirma la buena adecuación del título a las necesidades del mercado de trabajo actual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Universidade da Coruña. (2025). Grado en Arquitectura Técnica. Recuperado de https://estudos.udc.es/es/study/detail/670g01v02

Universidade da Coruña. (2025b). *Resultados y garantías del Grado en Arquitectura Técnica (GAT02)*. https://estudos.udc.es/es/study/quality/670g01v02

Universidade da Coruña. (2025c). Notas de Corte. Recuperado de https://www.udc.es/transparencia/resultados/informacion-academica/

Pérez Ordóñez, J. L., Robles Sánchez, S., Seara Paz, S., Losada Pérez, C., & Benítez García, M. (2024). La titulación de Arquitectura Técnica de A Coruña tras medio siglo de formación. En J. M. Santiago Zaragoza, M. L. Gutiérrez Carrillo, M. Martínez Rojas & E. Suárez Vargas (Coords.), *EDIFíCATE 2023: II National and I International Congress of Advanced Schools Buildings Engineering and Technical Architecture* (pp. 77-86). http://hdl.handle.net/2183/36515

Observatorio Ocupacional da Universidade da Coruña. (2024). Informe de inserción laboral 2022-23: Grao en Arquitectura Técnica. Universidade da Coruña. Recuperado de https://www.udc.es/es/observatorioocupacional/_galeria_down/Informe_Insercion_22_23/22_23_Grao-en-Arquitectura-Tecnica.html

ADAPTACIÓN CURRICULAR DE LAS COMPETENCIAS TRANSVERSALES EN EL GRADO EN ARQUITECURA TÉCNICA

CURRICULAR ADAPTATION OF TRANSVERSAL COMPETENCIES IN THE DEGREE IN TECHNICAL ARCHITECTURE

Paloma Arrué Burillo[1], Antonio Manuel Romero Sedó[2], Maria Luisa Collado López[3], Maria Isabel Giner García[4]

[1] Universitat Politècnica de València, Valencia, España, paarbu@csa.upv.es
[2] Universitat Politècnica de València, Valencia, España, aromeros@csa.upv.es
[3] Universitat Politècnica de València, Valencia, España, mcollado@csa.upv.es
[4] Universitat Politècnica de València, Valencia, España, magigar@csa.upv.es

RESUMEN

El proyecto de competencias transversales de la Universitat Politècnica de València se implantó en el curso 2015 - 2016, teniendo en cuenta las normativas y directrices más importantes nacionales e internacionales en ese momento, así como la numerosa literatura científica existente sobre las mismas, quedando definido en trece competencias. El 21 de julio de 2022 se aprueba, por el Consejo de Gobierno de la UPV, un marco renovado más explicativo en la orientación formativa relativa a los objetivos de cada competencia y resultados que debería alcanzar el estudiantado. Además, esta renovación aproxima la formación competencial a los estándares de calidad internacionales y a los marcados por el Ministerio de Universidades en el Real Decreto 822/2021, que pone el foco en los principios y valores democráticos, y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Esta revisión mantiene el espíritu y fundamentos del marco de 2014, pero supone una reordenación e integración de las Competencias Transversales en los planes de estudios oficiales de la UPV, formado ahora por cuatro competencias transversales con un total de 20 resultados de aprendizaje.

La finalidad del estudio es iniciar y consolidar el proceso de adaptación curricular de las competencias trasversales en la titulación del Grado en Arquitectura Técnica impartido en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València para su implantación en el curso 2024-2025.

Para ello, se partirá de una revisión y análisis del funcionamiento del plan de estudio actual, con la finalidad de aprovechar la experiencia llevada a cabo en la implementación de las CT, y se realizará una matriz de correlación de las asignaturas y las "nuevas" competencias transversales, así como de los cuatro resultados de aprendizaje (RA1 a RA4) de cada competencia.

Palabras clave: *Competencias, Resultados de aprendizaje, Plan de estudios*

ABSTRACT

The Universitat Politècnica de València's transversal competencies project was implemented in the 2015-2016 academic year, taking into account the most important national and international regulations and guidelines at the time, as well as the extensive scientific literature on these competencies. It was defined as thirteen competencies. On July 21, 2022, the UPV Governing Council approved a revised framework that provides more explanatory guidance regarding the objectives of each competency and the outcomes that students should achieve. Furthermore, this renewal brings competency-based training closer to international quality standards and those set by the Ministry of Universities in Royal Decree 822/2021, which focuses on democratic principles and values and the Sustainable Development Goals. This revision maintains the spirit

and foundations of the 2014 framework but entails a reorganization and integration of the Transversal Competencies into the official UPV curricula, now comprised of four transversal competencies with a total of 20 learning outcomes.

The purpose of the study is to initiate and consolidate the process of curricular adaptation of the transversal competencies in the Degree in Technical Architecture taught at the School of Building Engineering of the Polytechnic University of Valencia for its implementation in the 2024-2025 academic year.

To this end, the starting point will be a review and analysis of the current curriculum, with the aim of leveraging the experience gained in implementing the TCs. A correlation matrix will be created between the subjects and the "new" transversal competencies, as well as the four learning outcomes (RA1 to RA4) for each competency.

Keywords: *Competencies, Learning Outcomes, Curriculum*

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de competencias transversales (CT) de la Universitat Politècnica de València (UPV) inicialmente configurado en 13 competencias tuvo su origen en el Vicerrectorado de Estudios, Calidad y Acreditación y el plan estratégico UPV2020, con el objetivo de proporcionar a sus egresados un valor añadido diferenciador respecto a otros egresados y, por tanto, hacer más atractivos los estudios ofertados frente a ofertas similares de otras universidades. Además, se pone en valor su capacitación de cara a los empleadores y se detalla la adquisición de las competencias de cara a posibles acreditaciones o reconocimientos internacionales.

De acuerdo con la circular del Vicerrectorado de Organización de Estudios, Calidad, Acreditación y Lenguas del 26 de octubre de 2022, todas las titulaciones de Grado y Máster se ajustaron en el curso 2023-2024 a unas nuevas Competencias Transversales, pasando de trece a cinco, aprobadas en Consejo de Gobierno de la UPV el 21 de julio de 2022 y fueron introducidas en las Guías docentes del curso 2023-2024. Cada CT estaba definida a su vez en cuatro Resultados de Aprendizaje (RA). Estos resultados deben dar respuesta a las necesidades y cambios sociales, tal como recoge el Real Decreto 822/2021 sobre organización de las enseñanzas universitarias y del procedimiento de aseguramiento de su calidad, y al desarrollo profesional presente y futuro de los egresados y egresadas de nuestra universidad.

2. OBJETIVOS

La comunicación pretende dar a conocer el proyecto actual de competencias transversales de la UPV formado por cinco CT y sus 20 RA, y describir el grado de su implantación en la titulación de Grado en Arquitectura Técnica impartida en la UPV. Este cambio de CT tiene como objetivo simplificar las CT, pero definirlas con más detalle a través de sus correspondientes 4 RA más concretos, definidos con una mayor precisión logrando un total de 20 RA frente a las 13 CT anteriores y alineados con el RD822/2021. Además, están alineados con las competencias de las titulaciones oficiales con sello internacional de calidad SIC y ABET.

3. LAS COMPETENCIAS TRANSVERSALES EN LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA

Como resultado del proceso de estudio elaborado por la Universitat Politècnica de València en 2020 se definieron trece dimensiones competenciales, que cumplían con el cometido previsto al alcanzar los objetivos descriptivos indicados en la Tabla 1.

Tabla 1. Relación de Competencias Transversales-UPV. Fuente UPV (2020).

Nombre	Descripción
CT1 Comprensión e integración	Demostrar la comprensión e integración del conocimiento tanto de la propia especialización como en otros contextos más amplios.
CT2 Aplicación pensamiento práctico	Aplicar los conocimientos a la práctica, atendiendo a la información disponible, y estableciendo el proceso a seguir para alcanzar los objetivos con eficacia y eficiencia.
CT3 Análisis y resolución de problemas	Analizar y resolver problemas de forma efectiva, identificando y definiendo los elementos significativos que lo constituyen.
CT4 Innovación, creatividad y emprendimiento	Innovar para responder satisfactoriamente y de forma original a las necesidades y demandas personales, organizativas y sociales con una actitud emprendedora.
CT5 Diseño y proyecto	Diseñar, dirigir y evaluar una idea de manera eficaz hasta concretarla en un proyecto.

Nombre	Descripción
CT6 Trabajo en equipo y liderazgo	Trabajar y liderar equipos de forma efectiva para la consecución de objetivos comunes, contribuyendo al desarrollo personal y profesional de los mismos.
CT7 Responsabilidad ética, medioambiental y profesional	Actuar con responsabilidad ética y profesional ante uno mismo y los demás.
CT8 Comunicación efectiva	Comunicarse de manera efectiva, tanto de forma oral como escrita, utilizando adecuadamente los recursos necesarios y adaptándose a las características de la situación y de la audiencia
CT9 Pensamiento crítico	Desarrollar un pensamiento crítico interesándose por los fundamentos en los que se asientan las ideas, acciones y juicios, tanto propios como ajenos
CT10 Conocimiento de los problemas contemporáneos	Conocimiento de los problemas contemporáneos
CT11 Aprendizaje permanente	Utilizar el aprendizaje de manera estratégica, autónoma y flexible, a lo largo de toda la vida, en función del objetivo perseguido
CT12 Planificación y gestión del tiempo	Planificar adecuadamente el tiempo disponible y programar las actividades necesarias para alcanzar los objetivos, tanto académico-profesionales como personales
CT13 Instrumental específica	Capacidad para utilizar las técnicas, habilidades y herramientas actualizadas necesarias

La modificación de las competencias transversales de 2022 aprobada por Consejo de Gobierno de la UPV establecía únicamente cinco que estaban alineadas con las trece anteriores de 2020 tal como se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Relación de Competencias Transversales-UPV de 2022 y su equivalencia con las de 2020. Fuente UPV

Competencia Transversal y descripción (UPV 2022)	Equivalencia a las Competencias Transversales (UPV 2020)
CT1. Compromiso social y medioambiental *Actuar con ética y responsabilidad profesional ante los desafíos sociales, ambientales y económicos, teniendo como referentes los principios y valores democráticos y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.*	CT7 Responsabilidad ética, medioambiental y profesional CT5 Diseño y Proyecto CT9 Pensamiento crítico CT10 Conocimiento de los problemas contemporáneos
CT2 Innovación y creatividad *Proponer soluciones creativas e innovadoras a situaciones o problemas complejos, propios del ámbito de conocimiento, para dar respuesta a las diversas necesidades profesionales y sociales*	CT4 Innovación, creatividad y emprendimiento CT5 Diseño y Proyecto CT9 Pensamiento crítico CT10 Conocimiento de los problemas contemporáneos
CT3 Trabajo en equipo y liderazgo *Colaborar eficazmente en equipos de trabajo, asumiendo responsabilidades y funciones de liderazgo y contribuyendo a la mejora y desarrollo colectivo*	CT6 Trabajo en equipo y liderazgo CT5 Diseño y Proyecto CT12 Planificación y gestión del tiempo
CT4 Comunicación efectiva *Comunicarse de manera efectiva, tanto de forma oral como escrita, adaptándose a las características de la situación y de la audiencia*	CT8 Comunicación efectiva CT13 Instrumental específica
CT5 Responsabilidad y toma de decisiones *Actuar con autonomía en el aprendizaje, tomando decisiones fundamentadas en diferentes contextos, emitiendo juicios en base a la experimentación y el análisis y transfiriendo el conocimiento a nuevas situaciones*	CT11 Aprendizaje permanente CT1 Comprensión e integración CT2 Aplicación pensamiento práctico CT3 Análisis y resolución de problemas CT12 Planificación y gestión del tiempo

Fuente: UPV (2022)

Cada una de las cinco competencias transversales de 2022 se desarrollan en cuatro Resultados de Aprendizaje tal como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Relación de Competencias Transversales-UPV de 2022 con sus Resultados de Aprendizaje. Fuente UPV

Competencia Transversal y descripción (UPV 2022)	Resultados de Aprendizaje (UPV 2022)
CT1. Compromiso social y medioambiental *Actuar con ética y responsabilidad profesional ante los desafíos sociales, ambientales y económicos, teniendo como referentes los principios y valores democráticos y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.*	CT1.RA1. Valorar las consecuencias éticas de las decisiones a tomar en una situación concreta, considerando el impacto en la sociedad y la responsabilidad en la práctica profesional. CT1.RA2. Emitir juicios informados sobre el tratamiento de la sostenibilidad y del cambio climático.

Competencia Transversal y descripción (UPV 2022)	Resultados de Aprendizaje (UPV 2022)
	CT1.RA3. Demostrar concienciación sobre el respeto a la diversidad y a los principios de accesibilidad universal y diseño para todas las personas.
	CT1.RA4. Contribuir en el diseño, desarrollo y ejecución de soluciones que den respuesta a demandas sociales, teniendo en cuenta como referente los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
CT2 Innovación y creatividad *Proponer soluciones creativas e innovadoras a situaciones o problemas complejos, propios del ámbito de conocimiento, para dar respuesta a las diversas necesidades profesionales y sociales*	CT2.RA1. Identificar nuevos retos, proyectos u oportunidades de mejora en el ámbito de la disciplina alineados con tendencias y avances futuros
	CT2.RA2. Proponer soluciones creativas para responder satisfactoriamente a necesidades y problemas reales de la sociedad
	CT2.RA3. Evaluar, de manera crítica y constructiva, las ventajas y las oportunidades de diferentes soluciones a un mismo problema
	CT2.RA4. Demostrar una actitud emprendedora en el diseño, desarrollo y ejecución de soluciones que supongan una novedad o avance en el ámbito de la disciplina.
CT3 Trabajo en equipo y liderazgo *Colaborar eficazmente en equipos de trabajo, asumiendo responsabilidades y funciones de liderazgo y contribuyendo a la mejora y desarrollo colectivo*	CT3.RA1. Funcionar eficazmente en un equipo cuyos miembros juntos brinden liderazgo y creen un entorno colaborativo e inclusivo en la organización y coordinación del trabajo
	CT3.RA2. Identificar los roles y destrezas para operar en equipos multidisciplinares con diferentes perfiles profesionales
	CT3.RA3. Colaborar de manera proactiva en el desarrollo del trabajo, estableciendo metas y cumpliendo objetivos
	CT3.RA4. Contribuir a la búsqueda de soluciones a retos o proyectos, demostrando empatía y asertividad a la hora de compartir ideas, reflexiones y argumentos en el seno del trabajo colaborativo.
CT4 Comunicación efectiva *Comunicarse de manera efectiva, tanto de forma oral como escrita, adaptándose a las características de la situación y de la audiencia*	CT4.RA1. Estructurar el discurso para favorecer la comprensión de los objetivos, acciones y/o resultados de un trabajo propio
	CT4.RA2. Desarrollar textos profesionales o informes científico-técnicos según las convenciones propias de la disciplina
	CT4.RA3. Adaptar la organización de contenidos y el uso del lenguaje, verbal y no verbal, para argumentar en diversas situaciones y/o ante diversas audiencias.
	CT4.RA4. Demostrar destreza en la comunicación digital utilizando medios de apoyo variados y adaptados a la situación y a la audiencia
CT5 Responsabilidad y toma de decisiones *Actuar con autonomía en el aprendizaje, tomando decisiones fundamentadas en diferentes contextos, emitiendo juicios en base a la experimentación y el análisis y transfiriendo el conocimiento a nuevas situaciones*	CT5.RA1. Resolver problemas complejos, de manera autónoma, en el ámbito de la disciplina
	CT5.RA2. Extraer conclusiones de los trabajos e investigaciones prácticas o experimentales realizadas de manera autónoma.
	CT5.RA3. Demostrar iniciativa para organizar el trabajo propio, gestionando el esfuerzo y el tiempo dedicado a alcanzar los objetivos y metas propuestas
	CT5.RA4. Aplicar de manera efectiva técnicas relacionadas con la búsqueda bibliográfica y el uso de fuentes de datos fiables u otros sistemas de información

Fuente: UPV (2022)

4. LAS COMPETENCIAS TRANSVERSALES EN EL GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA. ETSIE-UPV

El plan de estudios de Grado en Arquitectura Técnica de la Escuela Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politécnica de València, está compuesto de 46 asignaturas activas en el curso 2024-2025 entre las materias de formación básica, obligatorias y optativas, de acuerdo con el plan de estudios vigente publicado en Resolución de 26 de julio de 2010, de la Universidad Politécnica de Valencia, por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Ingeniería de Edificación.

Tabla 4. Resumen de la distribución de créditos del plan de estudios de Grado en Arquitectura Técnica. ETSIE- UPV. Fuente BOE nº192.

Tipo de materia	Créditos ECTS
Formación básica	63
Obligatorias	141
Optativas	18
Prácticas externas	6
Trabajo de fin de grado	12
Total	240

La UPV establece las condiciones para la implantación adecuada de las CT en los planes de estudios a través de las asignaturas denominadas punto de control. Estas asignaturas se encargan de evaluar si se ha adquirido o no la CT que se le ha asignado, definiendo las actividades de aprendizaje que quedan reflejadas en la guía docente y servirán de evidencia de nivel de adquisición de la CT. Así el estudiantado conoce la CT asociada al punto de control y la forma en la que va a ser evaluado. Además, el profesorado documenta las evidencias recogidas de la evaluación para justificar la adquisición de la competencia. Al finalizar los estudios de la titulación, el estudiante obtiene las CT calificadas como Satisfactorias, siempre como un valor positivo añadido a su expediente.

Puesto que las competencias transversales se adquieren en un proceso evolutivo largo y partiendo de la duración de los grados en la UPV (cuatro cursos académicos), se establece que el estudiante debe ser evaluado de todas las CT de la siguiente forma:

a) Una competencia puede asignarse a más de un punto de control. En concreto, se establece un mínimo de tres puntos de control en títulos de grado y dos en títulos de máster oficial.
b) Una asignatura puede ser punto de control de una o más competencias.
c) Las asignaturas elegibles como puntos de control son las de carácter básico, obligatorio, o mención/especialidad siempre que se asegure que, independientemente del itinerario, todo el estudiantado será evaluado con el mismo número de puntos de control.
d) Un punto de control evalúa la competencia.
e) El sistema de evaluación será “Satisfactorio” o “En Proceso”.
f) Un punto de control tendrá asignados uno o varios resultados de aprendizaje de la competencia de la que es punto de control. Estos resultados orientan el trabajo y evaluación en la competencia y serán adaptados según el ámbito de la titulación.
g) Todos los resultados deben ser asignados al menos a un punto de control del plan de estudios.
h) Se deja a los centros flexibilidad para que establezcan la adaptación de los resultados de aprendizaje atendiendo a los perfiles de egreso y considerando los requisitos de los sellos internacionales.

El Grado en Arquitectura Técnica en la ETSIE tiene todas las competencias transversales implantadas a lo largo de toda la titulación, en 44 asignaturas con un total de 102 puntos de control, sin incluir las Practicas externas y el Proyecto Fin de Grado.

En la Tabla 5 se muestra el número de asignaturas puntos de control que tiene cada CT a lo largo de la titulación. Todas las CT son evaluadas entre 14 y 32 asignaturas superando ampliamente el mínimo de tres establecido por la UPV.

Tabla 5. Distribución de asignaturas del grado y competencia transversal que se evalúa. Curso 2024-2025. Elaboración propia

Competencias Transversales	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	Puntos de control
Asignaturas FB y obligatorias	13	12	20	13	28	
Optativas	2	1	2	1	3	
Áreas de Intensificación	1	1	2	2	1	
Total	16	14	24	16	32	102

En términos porcentuales, como muestra la figura 1 y, analizando cada competencia de forma individual, teniendo en cuenta que los créditos totales ofertados de 288 en el curso 2024-2025, las CT con mayor

implantación son la CT5 Responsabilidad y Toma de decisiones impartida en 32 asignaturas equivalente al 66% de los créditos de la titulación y CT3 Trabajo en equipo y liderazgo (52%), más directamente relacionadas con la profesión de Arquitecto Técnico, y por tanto, con el desarrollo de proyectos, liderando equipos y aportando soluciones prácticas. Incluso las de menos implantación se aproximan al 30% de los créditos impartidos, por lo que puede considerarse que todas la CT son trabajadas adecuadamente a lo largo de la titulación.

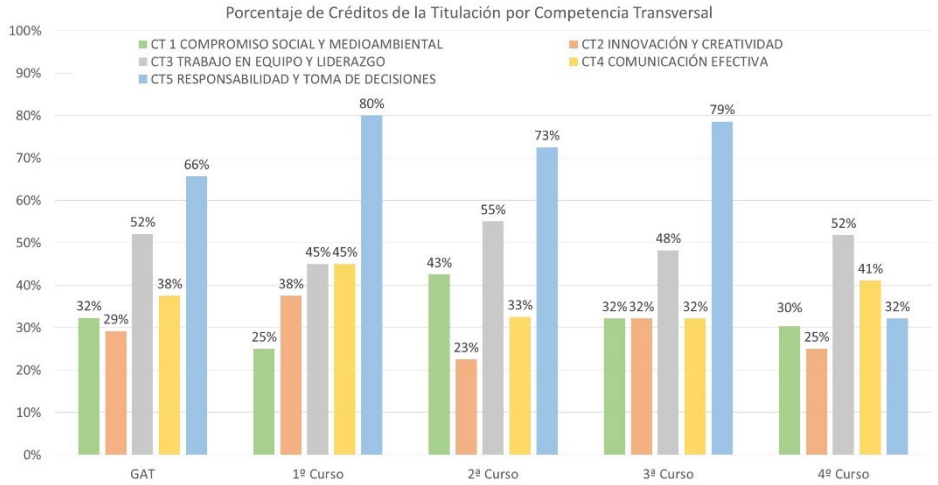


Figura 1. Porcentaje de créditos impartidos de cada Competencia Transversal en la Titulación de Grado en Arquitectura Técnica de la UPV en el curso 2024/2025.

La evaluación de las competencias distribuidas por curso académico (Tabla 6) refleja la evolución del aprendizaje del estudiante a lo largo de sus estudios. En primer curso, la CT de mayor importancia es la CT5 impartida en 8 asignaturas equivalente al 80% del primer curso (Figura 1). Y le siguen en importancia las competencias CT4 (45%) y CT3 (45%). Este hecho inicia al estudiante recién llegado a la universidad en la adquisición de destrezas y habilidades de resolución de problemas, trabajo en equipo y liderazgo y comunicación efectiva que fomenta la interactuación con el resto de los estudiantes y profesores facilitando su integración en el ámbito universitario, favoreciendo las relaciones sociales.

Tabla 6. Distribución de asignaturas del grado y competencia transversal que se evalúa. Curso 2024-2025. Elaboración propia

Competencias Transversales	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	Puntos de control
Primer Curso	2	3	5	4	8	
Segundo Curso	5	3	6	3	8	
Tercer Curso	5	5	7	5	12	
Cuarto Curso	4	3	6	4	4	102

En segundo curso se refuerza la CT5, pero comienza a tener importancia la CT1 Compromiso social representada en el 43% de segundo curso. En este curso ya se comienzan a impartir asignaturas específicas de carácter tecnológico que requiere abordar el estudio de proyectos de edificación aplicando las connotaciones medioambientales relacionadas en la asignatura. En tercer curso sigue destacando la CT5 y CT3 pero ya comienza a tener importancia la CT2 innovación y creatividad aplicada en 5 asignaturas. Y en cuarto curso toma mayor importancia la CT3 Trabajo en equipo y liderazgo (52%), CT4 Comunicación efectiva (41%), competencias que fortalecen el contacto con el mundo laboral.

Es importante destacar que incluso la CT menor implantada supera el 23% en cada curso académico, por lo que se considera que toda la titulación forma al estudiantes en todas las competencias establecidas por la UPV.

Sería una opción de mejora que las asignaturas de último curso potenciaran la CT 2 Innovación y creatividad ya que los estudiantes están formados en amplios conocimientos de la titulación y de la últimas

tecnologías y desarrollos empresariales contemporáneos, pudiendo abordar esta CT de forma específica de cara a su salida al mundo laboral y demanda del tejido empresarial.

No obstante, es importante destacar que en cuarto curso estas asignaturas corresponden únicamente al primer semestre, puesto que el segundo semestre se destina a las prácticas en empresa, áreas de intensificación y el desarrollo del Trabajo Fin de Grado, el cual incorpora la evaluación de las competencias en función del objeto del Trabajo Fin de Grado que ha realizado el estudiante.

El nivel de adquisición de las CT en la UPV queda reflejado mediante dos modos complementarios, a través del expediente académico del estudiante, como suplemento al diploma, y mediante el portafolio de las CT de cada estudiante. Al igual que se genera el expediente, se genera un anexo en el que consta una relación de las valoraciones de las CT UPV.

5. RESULTADOS DE APRENDIZAJE EN EL GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA. ETSIE-UPV

Durante el curso 2023-2024 se procedió al estudio por parte de la ERT y los profesores responsables de cada asignatura del GAT, asignaron los Resultados de aprendizaje en la titulación y su aplicación en las guías docentes del curso 2024-2025, tal como se indica en la figura 2, siendo aprobada por la Comisión Académica del Grado e introducidas en la plataforma de títulos Verifica en enero de 2024.

		CT1					CT2					CT3					CT4					CT5					2024-2025
CURSO	ASIGNATURA	COMPROMISO SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL					INNOVACIÓN Y CREATIVIDAD					TRABAJO EN EQUIPO Y LIDERAZGO					COMUNICACIÓN EFECTIVA					RESPONSABILIDAD Y TOMA DE DECISIONES					
		Resultados de aprendizaje																									
		CT1.RA1	CT1.RA2	CT1.RA3	CT1.RA4	ASIG.	CT2.RA1	CT2.RA2	CT2.RA3	CT2.RA4	ASIG.	CT3.RA1	CT3.RA2	CT3.RA3	CT3.RA4	ASIG.	CT4.RA1	CT4.RA2	CT4.RA3	CT4.RA4	ASIG.	CT5.RA1	CT5.RA2	CT5.RA3	CT5.RA4	ASIG.	RA/ASIG
PRIMERO	Matemáticas I																				1				1	1
	Economía							1			1						1				1						2
	Materiales de construcción I			1	1	2			1		1	1			1	2	1		1	1	3			1		1	9
	Matemáticas II																				1				1	1	1
	Física											1				1					1				1	1	2
	Materiales de construcción II														1	1	1		1	1	3			1		1	5
	Geometría Descriptiva																				1				1	1	1
	Dibujo Arquitectónico I													1		1								1		1	2
	Construcción I	1				1		1			1				1	1		1			1			1		1	5
SEGUNDO	Instalaciones I				1	1								1		1											2
	Dibujo Arquitectónico II																				1				1	1	1
	Legislación														1	1		1			1				1	1	3
	Mecánica de Estructuras											1				1					1				1	1	2
	Construcción II				1	1			1		1										1				1	1	3
	Materiales de construcción III																1				1		1		1	1	2
	Instalaciones II				1	1								1		1											2
	Topografía y replanteos													1		1									1	1	2
	Gestión Urbanística		1			1			1		1						1				1						3
	Estructuras I													1	1	2								1		2	4
	Construcción III				1	1			1		1														1	1	3
TERCERO	Construcciones Históricas																							1	1	4	4
	Estructuras II													1	1	2								1		2	4
	Calidad en la edificación											1		1		2	1				1						3
	Construcción IV				1	1			1		1														1	1	3
	Construcción V				1	1			1		1														1	1	3
	Prevención y Seguridad I																1				1		1			1	2
	Equipos de Obra																	1			1	1				1	2
	Técnicas de Gest. Presupuest.											1	1	1	1	4						1	1	1	1	4	8
	Proyectos I				1	1			1		1			1		1	1				1			1		1	5
	Ejecución de Obras									1	1			1		1							1			1	3
	Cad Avanzado						1				1			1		1								1		1	3
	Fotogrametría													1		1								1		1	2
	Lengua extranjera II- Inglés B2																		1		1						1
	La luz, el calor y el sonido en edificación	1	1	1	1	4																					4
	Analisis y certificación energética en edificación				1	1																	1			1	2
CUARTO	Construcción VI				1	1		1	1		2	1		1		2						1		1	1	3	8
	Peritaciones, Tasa. y Valora.												1			1											1
	Org., Prog. y Cont. de Rec.																				1					1	1
	Prevención y Seguridad II	1				1												1			1						2
	Proyectos II		1	1	1	3	1	1		1	3	1				1					1					1	8
	Gestión Integral del Proceso													1		1	1	1			2						3
	Taller de Proyecto de Interiores		1	1	1	3	1	1		1	3			1		1			1	1	2						9
	Gest. Econ. y Finan. de Edificación																	1			1	1	1	1		3	4
	Intervención en Construcciones Históricas											1	1	1	1	4											4
	Prácticas Externas																										
	Proyecto Fin de Grado																										
	Nº DE ASIGNATURAS QUE TRABAJAN EL RESULTADO DE APRENDIZAJE																										
		3	4	4	13	24	3	5	8	3	19	8	3	16	8	35	9	6	4	3	22	21	7	13	3	44	

Figura 2. Resultados de aprendizaje de las Competencias Transversales en el Grado en Arquitectura Técnica de la UPV (2024-2025).

En el GAT, la competencia CT1 Compromiso social y medioambiental está aplicada en 16 asignaturas, que abarcan asignaturas de todos los cursos (2 de 1º curso, 5 de 2º y 3º curso y 4 de 4º curso) trabajando un total de 24 puntos de control de sus RA (5 RA1, 4 RA2, 4 RA3 y 11 RA4). Es destacable la gran implicación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la RA4 “Contribuir en el diseño, desarrollo y ejecución de soluciones que den respuesta a demandas sociales, teniendo en cuenta como referente los Objetivos de Desarrollo Sostenible”.

La competencia CT2 Innovación y creatividad está aplicada en 14 asignaturas, que abarcan asignaturas de todos los cursos (3 de 1º curso, 3 de 2º curso, 5 de 3º curso y 3 de 4º curso) trabajando un total de 19 puntos de control de sus RA (3 RA1, 5 RA2, 8 RA3 y 3 RA4).

La competencia CT3 Trabajo en equipo y liderazgo está aplicada en 24 asignaturas, que abarcan asignaturas de todos los cursos (5 de 1º curso, 6 de 2º curso, 7 de 3º curso y 6 de 4º curso) trabajando un total de 35 puntos de control de sus RA (8 RA1, 3 RA2, 16 RA3 y 8 RA4). La titulación del Grado está relacionada

con la profesión del Arquitecto Técnico que implica entre sus muchas funciones realizar gestión de equipos y trabajos colaborativos necesitando esta competencia y motiva al profesorado a trabajar en esta línea.

La competencia CT4 Comunicación efectiva está aplicada en 16 asignaturas, que abarcan asignaturas de todos los cursos (4 de 1º curso, 3 de 2º curso, 5 de 3º curso y 4 de 4º curso) trabajando un total de 22 puntos de control de sus RA (9 RA1, 6 RA2, 4 RA3 y 3 RA4).

La competencia CT5 Responsabilidad y toma de decisiones está aplicada en 32 asignaturas, que abarcan asignaturas de todos los cursos (8 de 1º curso, 8 de 2º curso, 11 de 3º curso y 4 de 4º curso) trabajando un total de 44 puntos de control de sus RA (21 RA1, 7 RA2, 13 RA3 y 3 RA4). Esta CT es la más trabajada en la titulación.

El porcentaje de créditos de las asignaturas que trabajan cada RA en la titulación del GAT respecto de todos los créditos ofertados se indican en la figura 3.

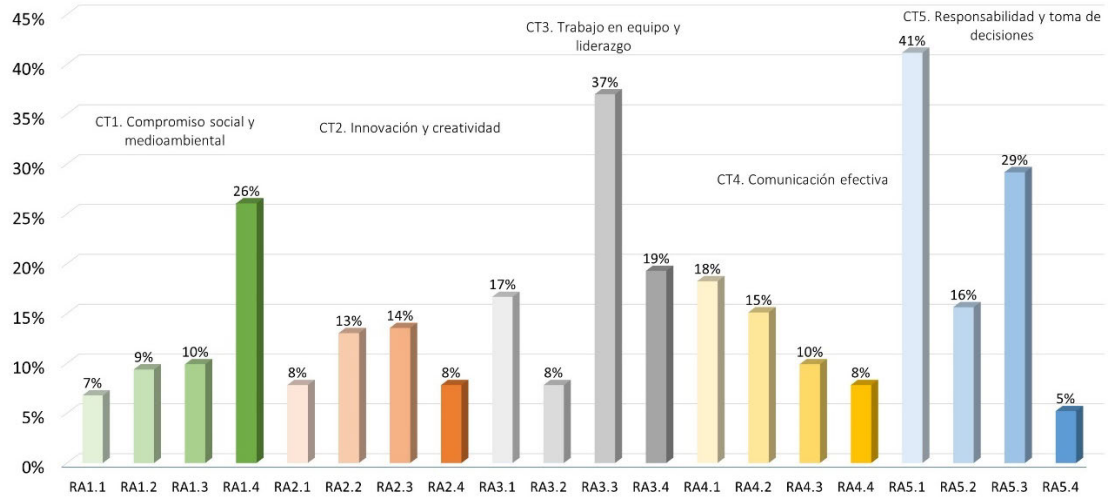


Figura 3. Porcentaje de créditos del Grado en Arquitectura Técnica de la UPV en cada Resultado de Aprendizaje

En la figura 3 se observa claramente que los resultados de aprendizaje más implementados en la titulación son el RA5.1 Resolver problemas complejos, de manera autónoma, en el ámbito de la disciplina (41%), el RA3.3 Colaborar de manera proactiva en el desarrollo del trabajo, estableciendo metas y cumpliendo objetivos (37%), RA5.3 Demostrar iniciativa para organizar el trabajo propio, gestionando el esfuerzo y el tiempo dedicado a alcanzar los objetivos y metas propuestas (29%) y RA1.4 Contribuir en el diseño, desarrollo y ejecución de soluciones que den respuesta a demandas sociales, teniendo en cuenta como referente los Objetivos de Desarrollo Sostenible (26%).

La titulación está muy alineada con la competencia CT5 de Responsabilidad y toma de decisiones y CT3 Trabajo en equipo y liderazgo importantes en el desarrollo de la profesión del Arquitecto Técnico a la que habilita la titulación.

6. CONCLUSIONES

La valoración ha sido positiva dado que ha permitido una revisión de la titulación y su alineación con cada una de las competencias y objetivos que se plantean en su plan de estudios. En cuanto a las dificultades encontradas destacan la recogida de evidencias de la evaluación de los resultados de aprendizaje, así como las buenas prácticas llevadas a cabo por las asignaturas, debido a que durante el curso 2023-2024 las guías docentes solo contenían las Competencias Transversales sin haber introducido todavía los resultados de aprendizaje. Este hecho hace que el profesorado no ha trabajado en profundidad que tipo de buenas prácticas pueden plantear de forma idónea y la recopilación de las evidencias asociadas a la mismas.

Para el curso 2024-2025 fueron revisadas las guías docentes de todas las asignaturas siguiendo la matriz de aplicación de los Resultados de Aprendizaje y cada asignatura describe de qué modo va a realizar su evaluación. Este curso se plantea como objetivo realizar una recopilación de las metodologías utilizadas y los aspectos relevantes positivos y negativos de la problemática que facilitará la mejora de la implementación de los RA en el plan de estudios.

La profesión de Arquitecto Técnico necesita abordar un proyecto desde su planteamiento hasta su materialización en un edificio, teniendo capacidad para la resolución de problemas constructivos y tecnológicos, liderar equipos y programación de tiempos tanto en el diseño de un proyecto edificatorio como en sus fases de ejecución. Esta característica se encuentra alineada con las competencias transversales adquiridas en la titulación más implantadas como son la CT5 Responsabilidad y Toma de decisiones (66%) y CT3 Trabajo en equipo y liderazgo (52%). Incluso las de menos implantación se aproximan al 30% de los créditos impartidos, por lo que puede considerarse que todas la CT son trabajadas adecuadamente a lo largo de la titulación.

El diseño de la adquisición de las competencias por parte del estudiante en su aprendizaje evolutivo por cursos permite que vaya adquiriendo de forma paulatina las habilidades y destrezas, potenciando ya desde primer curso el trabajo en equipo y la comunicación efectiva, fomentando la interactuación con el resto de los estudiantes y profesores su integración en el ámbito universitario. En segundo curso asociados a una formación más tecnológica y especializada adquieren importancia competencias orientadas al compromiso social y medioambiental, en tercer curso la Innovación y creatividad y en cuarto curso de nuevo el trabajo en equipo y la comunicación efectiva.

Las perspectivas de la ETSIE son potenciar y consolidar la implantación de las competencias transversales estableciendo buenas prácticas como medio de evaluar cada competencia transversal y con el objetivo de que el estudiante adquiera habilidades y destrezas que complementen y potencien su formación. Esto debe de llevarse con la sinergia entre el profesorado responsable y la ERT que permita detallar el proceso de adquisición de habilidades y competencias, no siempre fáciles de medir o cuantificar. El desarrollo de una guía de trabajo con rúbricas, ejemplos, procedimientos de trabajo facilitará al profesorado responsable la cuantificación de los resultados y la producción de evidencias.

Como conclusión los cambios realizados en las competencias transversales han permitido una mejora significativa, por un lado, porque implica una simplificación en su aplicación, pero, por otro lado, al instrumentarlo a través de sus veinte Resultados de Aprendizaje, posibilita su mayor definición y concreción facilitando la labor de la estructuración del aprendizaje a lo largo del plan de estudios de forma evolutiva.

Su aplicación a través de la plataforma Verifica de la UPV en las guías docentes de la titulación, definiendo las actividades a desarrollar para adquirir esos Resultados de Aprendizaje, así como los procesos de evaluación con evidencias instrumenta y garantiza su aplicación en cada asignatura. Esto unido a la alineación con el RD822/2021 y con las competencias de las titulaciones oficiales con sello internacional de calidad SIC y ABET, sin duda mejoran la calidad de la titulación del Grado en Arquitectura Técnica de la Universitat Politècnica de València.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA (2025). *Ordenación e integración de las CT en las titulaciones oficiales de la UPV.*https://www.upv.es/entidades/agt/competencias-transversales/ .[Consulta: 30 de junio de 2025].

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA (2025). *Actualización de las competencias transversales de la UPV*. https://www.upv.es/entidades/vpec/proyecto-de-actualizacion-de-competencias-transversales/. [Consulta: 30 de junio de 2025].

España. RESOLUCIÓN 12871 de 26 de julio de 2010, de la Universidad Politécnica de Valencia, por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Ingeniería de Edificación. BOE, 9 de agosto de 2010, núm. 192, p.69927-69928. https://www.etsie.upv.es/wp-content/uploads/2021/04/Plan-Estudios-Grado-Ingenieria-Edificacion-BOE.pdf

LA INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN CON MENCIONES: UNA POSIBILIDAD DE DIVERSIFICACIÓN CURRICULAR

BUILDING ENGINEERING WITH SPECIALIZATIONS: AN OPPORTUNITY FOR CURRICULAR AND PROFESSIONAL DIVERSIFICATION

Juan Manuel Santiago Zaragoza[(1)], Fabián García Carrillo[(2)]

[1] dpto. de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. E.T.S.I. de Edificación, Universidad de Granada. Granada, España, santi@ugr.es
[2] dpto. de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. E.T.S.I. de Edificación, Universidad de Granada. Granada, España, fabian@ugr.es

RESUMEN

Los actuales grados universitarios en Edificación, Ingeniería de Edificación, Arquitectura Técnica y Edificación y Arquitectura Técnica, tienen una gran oportunidad, conforme al Real Decreto 822/2021, buscando el objetivo de actualizar su estructura curricular y adaptarla a las demandas del sector y del Espacio Europeo de Educación Superior. La posibilidad de menciones de especialización:

- *Gestión: centrada en la fase previa a la construcción, abarca la planificación estratégica, el planeamiento urbanístico, la gestión pública y privada del proceso edificatorio y la dirección de proyectos, incluyendo herramientas como el Project Management.*
- *Producción: se enfoca en la fase de ejecución material de las obras, integrando conocimientos sobre tecnologías constructivas, eficiencia energética, dirección de obra, seguridad laboral y control de calidad, con una fuerte base en la digitalización y el uso de herramientas como BIM.*
- *Conservación: orientada a rehabilitación, el mantenimiento y la gestión del patrimonio edificado, considerando aspectos técnicos, normativos y culturales para preservar y mejorar el entorno construido.*

Desde la E.T.S de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Granada se plantea una propuesta que permite una diversificación curricular personalizada, sin perder las competencias habilitantes para el ejercicio regulado de la profesión de Arquitecto Técnico.

Las nuevas propuestas permitirían una formación más flexible, internacionalmente homologable y orientada a las diferentes fases del proceso edificatorio: desde la concepción y gestión del proyecto, pasando por su ejecución, hasta la conservación del patrimonio construido. La nueva estructura se articula sobre una base común de 180 ECTS habilitantes, complementada con 54 ECTS específicos de mención más 6 de incremento de conocimientos básicos y específicos y refuerza la conexión entre el grado y los estudios de máster y doctorado.

Desde las propuestas, se ha de responder a los retos actuales del sector (eficiencia energética, digitalización, sostenibilidad) y se garantiza la calidad y especialización de la formación en el ámbito de la edificación. Además, se consolida el equilibrio territorial y se asegura la viabilidad académica, social y profesional de una titulación, con nuevos perfiles profesionales.

Palabras clave: *menciones de especialización, gestión, producción, conservación, ingeniería de edificación.*

ABSTRACT

Current university degrees in Building, Building Engineering, Technical Architecture, and Building and Technical Architecture have a significant opportunity under Royal Decree 822/2021, aiming to update their curricular structure and align it with the demands of the sector and the European Higher Education Area. The inclusion of specialization tracks offers a path for tailored academic and professional development:

- *Management: focused on the pre-construction phase, it includes strategic planning, urban planning, public and private management of the building process, incorporating tools such as Project Management.*
- *Production: targets the construction phase, integrating knowledge of building technologies, energy efficiency, site management, occupational safety, and quality control, with a strong emphasis on digitalization and tools like BIM (Building Information Modelling).*
- *Conservation: directed toward the rehabilitation, maintenance, and management of built heritage, considering technical, regulatory, and cultural aspects to preserve and enhance the built environment.*

The School of Building Engineering of the University makes a proposal that allows for personalized curricular diversification without losing the enabling skills required for the regulated profession of Technical Architect.

The new proposals promote a more flexible, internationally compatible education, structured around the distinct phases of the building process: from project conception and management to execution and conservation. The new curriculum is built on a common 180 ECTS core, qualifying for professional practice, and is complemented by 54 ECTS of specialization modules, plus 6 ECTS of increasing basics and specific knowledge. It also strengthens the connection between undergraduate, master's, and doctoral studies.

These proposals address current industry challenges — energy efficiency, digitalization, and sustainability—and ensure the quality and specialization of education in the building sector. Furthermore, they support territorial balance and guarantee the academic, social, and professional viability of the degree, while fostering the emergence of new professional profiles.

Keywords: *specialization tracks, management, production, conservation, building engineering*

1. INTRODUCCIÓN

El Proceso de Bolonia, iniciado en 1999 con la Declaración de Bolonia, supuso una profunda transformación del sistema de educación superior en Europa, con el objetivo de crear un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) que facilitara la movilidad, la empleabilidad y la comparabilidad de títulos académicos entre los países firmantes. Este proceso estableció una estructura común de estudios universitarios dividida en tres ciclos: grado, máster y doctorado, con un sistema de créditos ECTS (*European Credit Transfer System*) para armonizar la carga lectiva. A lo largo de la década siguiente, especialmente con la Conferencia de Bergen en 2005 y la implantación generalizada en 2010, los países adaptaron sus titulaciones a este nuevo marco, abandonando estructuras académicas tradicionales en favor de modelos más flexibles y transparentes. En España, esta transformación se concretó en la adaptación de los títulos universitarios al Real Decreto 1393/2007, que estableció la ordenación oficial de las enseñanzas universitarias conforme a los principios del EEES.

En el marco del desarrollo del Proceso de Bolonia y la adaptación de los estudios universitarios al Espacio Europeo de Educación Superior, se elaboró el Libro Blanco de la Ingeniería de Edificación, un documento clave que definió las competencias, objetivos formativos y estructura del nuevo título adaptado al modelo europeo. Este libro blanco fue resultado de un amplio consenso académico y profesional, siendo aprobado por unanimidad por todas las Escuelas Universitarias de Arquitectura Técnica (EUAT) de España, lo que reflejó la cohesión del sector ante el reto de la convergencia europea. Posteriormente, recibió la aprobación de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), lo que permitió su inclusión en el catálogo oficial de títulos universitarios y supuso el punto de partida para la implantación del grado en Ingeniería de Edificación en las universidades españolas.

En el presente artículo de Edifícate 2025 se aborda un análisis detallado del proceso que ha permitido el reconocimiento y la evolución académica y profesional del arquitecto técnico en España. La estructura del

texto se organiza en torno al estudio de la Orden ECI/3855/2007, que regula las enseñanzas universitarias oficiales para esta profesión, el establecimiento del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES) y su correspondencia con la titulación de arquitecto técnico, así como el informe individual que fundamentó dicha equivalencia. Este recorrido culmina con la Resolución de 14 de septiembre de 2015, que reconoció oficialmente el nivel 2 del MECES para los arquitectos técnicos, abriendo la puerta a nuevas mentposibilidades de especialización en áreas clave como la gestión, la producción y la conservación. Como respuesta a esta nueva realidad formativa y profesional, desde la ETSI de la UGR, se propone un plan de estudios en Ingeniería de Edificación con especialidades, orientado a consolidar y proyectar el perfil del arquitecto técnico hacia los retos contemporáneos del sector.

2. LA ORDEN ECI LA POSIBILIDAD DE ADQUIRIR NUEVAS COMPETENCIAS

En el BOE núm. 312 de 29 de diciembre de 2007, se publicó la ORDEN ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico.

Dicha Orden ECI, en todo caso, estableció los *requisitos* de los títulos universitarios que habiliten para poder ejercer la profesión de Arquitecto Técnico, definiendo la ***actividad regulada*** de estos profesionales, y distinguiendo los siguientes módulos de formación:

Tabla 1. Créditos habilitantes de la Orden ECI

Formación básica:	60 créditos
Específico:	108 créditos
Proyecto Fin de Grado[1]:	12 créditos
TOTAL ORDEN ECI	**180 créditos**

En esta formación se describen, sucintamente, las competencias que los estudiantes deben adquirir para ejercer la ***actividad regulada***, -en España-, de la profesión de Arquitecto Técnico (atribuciones profesionales). Reconozcamos que la actividad no regulada de esos profesionales, la que dan todas las competencias académicas adquiridas, de hecho, siempre ha sido mayor, como queda patente con el ejercicio cotidiano, y no sólo en España.

Acorde con ello, se redactaron y aprobaron planes de estudio, mejorados y homologables en el ámbito de la Ingeniería de Edificación, elaborados al albur de la construcción del EEES. Las competencias que otorgaban dichos planes y la actividad profesional para la que capacitaban, de **240 créditos**, superan a aquel **ejercicio profesional limitado de la Orden ECI**. El actual Grado en Edificación de la E.T.S. de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Granada, puede servir de ejemplo en la superación de dichas competencias.

Esas competencias necesarias o *habilitantes*, (108 créditos) se concretan con todos sus descriptores en los documentos *Verifica*, y se integraron en las **asignaturas comunes obligatorias**, y **PFG**. Asignaturas que, forzosamente, han de ser cursadas por todos los estudiantes del Grado.

La Orden ECI admite, por consiguiente, que los **60 créditos restantes**, hasta completar a los 240 del Grado, es decir, los no definidos en ella, puedan ser, de alguna manera, de intensificación o de cierta especialización, ampliando la capacitación de los estudiantes y, por tanto, otorgando **nuevas competencias**. Ello permite que los Planes de Estudios de las diferentes Escuelas españolas se enriquezcan, profundizando en aspectos característicos propios, por incidencia del entorno territorial, adaptación a la estructura económica de la zona, influencia de la tradición cultural,… variando así la formación o currículo de unos estudiantes, capacitados, no obstante, para ejercer una misma profesión, incluyendo, en todo caso, la habilitación común necesaria para el desempeño de la actividad reglamentada en España.

Abundando en esta argumentación, desde la CODATIE, Conferencia de directoras/es de Escuelas de Arquitectura Técnica e Ingeniería de Edificación, se instó y aprobó una resolución de carácter general, para el reconocimiento mutuo de estudios entre las distintas Escuelas de España que imparten este Grado. Esta es una iniciativa, audaz y novedosa, que actualmente permite el reconocimiento automático entre nuestras Escuelas, de entrada, de los módulos de formación establecidos en la Orden ECI, por tanto, de las

[1] La orden ECI estableció: Proyecto de Fin de Grado: presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas. La ETSIE de la UGR en su actual plan de estudios de 2010, mantiene dicha denominación, siendo la única titulación de grado con dicha denominación frente al TFG del resto de grados.

competencias que los estudiantes deben adquirir para poder ejercer la **parte regulada** de la profesión de Arquitecto Técnico, abriendo, a su vez, la puerta a otros reconocimientos.

En el enlace a la web de la CODATIE, se puede consultar cómo se distribuyen estos módulos ECI, por materias y asignaturas, en los Planes de Estudios de las distintas Escuelas, y cómo son reconocidos mutuamente, aun sin ser totalmente coincidentes, ni tener la misma duración: https://www.codatie.es/estudios/reconocimiento-de-creditos

De esta forma, en nuestros Centros al menos, se da solución a un problema endémico de la universidad española cual es, que estudiantes de una misma titulación cursada en diferentes universidades sufren un auténtico calvario a la hora de convalidar asignaturas del mismo título que has sido cursadas en otra universidad.

La propuesta de diversificar las opciones del currículo académico supone ampliar la trayectoria para un futuro profesional común, que, desde luego, ni es único, ni será uniforme. Se podrían citar ejemplos de dentro y fuera de nuestra Universidad, pero, por ser el más cercano, sirva como ejemplo de normalidad y de las posibilidades que ofrece el establecimiento de menciones en la titulación, el ***Grado de Ingeniería Civil*** estudiado en la UGR. Análogamente a lo que ocurre con nuestros estudiantes, todos sus egresados tienen reconocidas atribuciones profesionales reguladas, en este caso establecidas en la Orden CIN/307/2009, que habilita para ejercer la profesión de ***Ingeniero Técnico de Obras Públicas***. En dicha Orden CIN se establecen los módulos de formación y créditos mínimos obligatorios siguientes:

Tabla 2. Créditos habilitantes de la Orden CIN de Ingeniería Civil

Formación básica:	60 créditos
Común a la Rama Civil:	40 créditos
De tecnología específica	48 créditos
Proyecto Fin de Grado:	12 créditos
TOTAL ORDEN CIN	**160 créditos**

Es decir, sólo 160 créditos son comunes, (20 créditos menos que los que establece la orden ECI), y no por ello cabe decir aquí, que así se ofrece una formación de Ingeniero Civil de menor entidad, o de distinta valía competencial en el desempeño de sus atribuciones profesionales reguladas. A partir de ahí, el Centro, en este caso la ETSICCP de la UGR, ha establecido tres menciones en su Plan de Estudios del Grado en Ingeniería Civil que, junto con otras asignaturas propias del título de la UGR, complementan los créditos restantes, hasta alcanzar los 240 del Grado oficial. Estas menciones son:

- *Construcciones Civiles,*
- *Hidrología y*
- *Transportes y Servicios Urbanos*

Después de casi tres lustros de vigencia, el haber cursado una mención concreta no ha restado competencias, en lo que al ejercicio de la profesión regulada de Ingeniero Técnico de Obras Públicas se refiere. Lo que sí se ha hecho es intensificar la formación en cada una de las menciones establecidas, diversificando el currículo y el nivel de capacitación de los estudiantes, pero por aumento, que no por merma, de las competencias regladas en la Orden CIN.

Aún más, tanto en el Plan de Estudios del Grado en Ingeniería Civil, como en el que se propone de Ingeniería de Edificación, las asignaturas de una mención pueden ser cursadas como optativas en cualquiera de las otras, facilitando que, con un poco más de esfuerzo, se pueden obtener **dos o tres menciones, distinguibles entre sí**, que pueden ser incorporados al Currículum del estudiante.

3. EL MECES COMO MARCO DE REFERENCIA DE LOS GRADOS

Con el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior se hizo preciso aprobar un régimen claro y general de correspondencia a nivel MECES de los títulos anteriores y posteriores a la reforma de Bolonia. Se trata de una necesidad imperiosa para facilitar el ejercicio de los derechos académicos por parte de los egresados de la anterior ordenación, dentro y fuera de nuestras fronteras.

El Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior, cuya finalidad es permitir la clasificación, comparabilidad y transparencia de las cualificaciones de la educación superior en el sistema educativo

español, proporciona la tabla que permite hacer esta comparación. En concreto, el Real Decreto 1027/2011, de 15 de julio, por el que se establece el Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior, establece cuatro niveles de cualificación en función de los resultados de aprendizaje que proporcionan los estudios oficiales: el nivel de Técnico Superior se incluye en el Nivel 1, el de Grado en el Nivel 2, el de Máster en el Nivel 3, y el de Doctor en el Nivel 4.

Para producir las adaptaciones, se realizó un informe individual de Adaptación del Marco Español de Cualificación de la Educación Superior (MECES) al ámbito concreto de la disciplina o rama de conocimiento de la que forma parte el evaluador. En concreto, en la Comisión de Rama de Ingeniería y Arquitectura, siendo el profesor Joaquín Passolas Colmenero, representante de la CNEAI, en el ámbito de la Arquitectura Técnica / Ingeniería de Edificación, se propuso que el ámbito temático de la titulación fuera: Gestión, Producción y Mantenimiento de la Edificación.

Tabla 3. Informe individual de Adaptación del Marco Español de Cualificación de la Educación Superior (MECES)

Descriptores del MECES	**Propuesta adaptada a la rama de Ingeniería y Arquitectura**	**Propuesta adaptada al ámbito temático**
a) haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado una comprensión de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en su campo de estudio con una profundidad que llegue hasta la vanguardia del conocimiento.	a) conocer y comprender los fundamentos básicos de las ciencias necesarios para aplicar, mediante modelos analíticos o numéricos, métodos, herramientas y notaciones en el análisis y solución de problemas de la rama de Ingeniería y Arquitectura, incluyendo el uso avanzado de tecnologías de la información y la comunicación.	a) **Conocer** y **comprender**, a nivel avanzado, los fundamentos teóricos y prácticos, *las artes y las ciencias,* propias del **ámbito temático de la Gestión, Producción y Mantenimiento de la Edificación,** que capacitan para **seleccionar** y **aplicar**, incluso mediante modelos analíticos y/o numéricos, *las claves, los métodos y las herramientas* idóneas, para **identificar, analizar, plantear** y **proponer la solución** de necesidades y problemas específicos del ámbito temático; en especial *generar y producir edificios mecánicamente seguros, funcionalmente cómodos y eficientes, ambientalmente sostenibles e integrados, y culturalmente apreciados*.
b) poder, mediante argumentos o procedimientos elaborados y sustentados por ellos mismos, aplicar sus conocimientos, la comprensión de estos y sus capacidades de resolución de problemas en ámbitos laborales complejos o profesionales y especializados que requieren el uso de ideas creativas e innovadoras;	b) poder aplicar los conocimientos adquiridos para resolver problemas de la rama de Ingeniería y Arquitectura, mediante la identificación, la argumentación y la aplicación de procedimientos razonados en entornos profesionales complejos. Aprender a usar la creatividad y la iniciativa personal para la innovación de nuevos procesos, proyectos, productos y servicios.	b) Saber **aplicar** los conocimientos y la comprensión adquirida para **formular** estrategias de actuación y **resolver** problemas del **ámbito temático de la Gestión, Producción y Mantenimiento de la Edificación**, en relación con: la *concepción y planificación, la gestión y producción, y la conservación y restauración, de los sistemas, los procesos y las técnicas edificatorias*, y en especial, las más avanzadas; **Actuar metodológicamente**, elaborando y desarrollando ideas y proyectos en base a argumentos y procedimientos objetivos, a la vez que con alta capacidad de *iniciativa personal, creatividad e innovación,* para **discriminar, categorizar, precisar, resolver y ejecutar** las necesidades y/o problemas específicos del ámbito temático; Estar capacitado para **intervenir** en *ámbitos laborales complejos y en entornos profesionales especializados* del ámbito temático.
c) tener la capacidad de recopilar e interpretar datos e informaciones sobre las que fundamentar sus conclusiones incluyendo, cuando sea preciso y pertinente, la reflexión sobre asuntos de índole social, científica o ética en el ámbito de su campo de estudio;	c) saber aplicar, recopilar, seleccionar, evaluar e interpretar información relevante, en el ámbito de estudio de la rama de Ingeniería y Arquitectura, para alcanzar los objetivos perseguidos tomando las decisiones óptimas y basándose en las alternativas existentes. Mostrar conciencia en la práctica de la rama de Ingeniería y Arquitectura, sobre la responsabilidad, el impacto social y ambiental, y actuar con ética profesional, integridad y responsabilidad.	c) Saber **anticipar** y/o **fundamentar** toda proposición o actuación en el **ámbito temático de la Gestión, Producción y Mantenimiento de la Edificación**, (sus exigencias y requisitos programáticos, tecnológicos, normativos, económicos, empresariales, sociales), en base a decisiones y/o conclusiones amparadas en una alta capacidad para **recopilar, seleccionar, interpretar** y **extrapolar** *datos e información relevante y útil al caso específico del ámbito temático*, para **establecer** y **alcanzar** unos objetivos pre-determinados, tomando así las decisiones más adecuadas, tras **comparar, priorizar** y **evaluar** diversas *alternativas* existentes.
		Incorporar la *reflexión social, científica y ética* pertinentes, en cualquier intervención en el ámbito temático, y a la vez, **asumir** y **mostrar** conciencia social y ambiental, actuando con *ética profesional, integridad y responsabilidad.*

Descriptores del MECES	Propuesta adaptada a la rama de Ingeniería y Arquitectura	Propuesta adaptada al ámbito temático
d) ser capaces de desenvolverse en situaciones complejas o que requieran el desarrollo de nuevas soluciones tanto en el ámbito académico como laboral o profesional dentro de su campo de estudio;	d) ser capaces de desenvolverse en situaciones complejas o que requieran el desarrollo de nuevas soluciones tanto en el ámbito académico como laboral o profesional dentro de la rama de Ingeniería y Arquitectura.	d) Saber **actuar** con rigor y **desenvolverse** con solvencia, (incluso auto-motivándose), en situaciones complejas, o que requieran de alta capacidad para **generar, investigar, ensayar, validar, desarrollar** e **integrar** nuevas teorías y soluciones, dentro **ámbito temático de la Gestión, Producción y Mantenimiento de la Edificación,** en especial, en relación con la evolución tecnológica de vanguardia, y tanto en el *ámbito académico como laboral o profesional*.
e) saber comunicar a todo tipo de audiencias (especializadas o no) de manera clara y precisa, conocimientos, metodologías, ideas, problemas y soluciones en el ámbito de su campo de estudio;	e) saber comunicar de una manera clara y precisa los conocimientos, metodologías, ideas, problemas y soluciones, mediante los recursos de presentación y técnicas de comunicación apropiadas a la rama de Ingeniería y Arquitectura, ante todo tipo de audiencias especializadas o no.	e) Saber **expresar, comunicar** y, en su caso, **argumentar, juzgar** y/o **transmitir**, de manera *clara, objetiva y precisa*, incluso con alta capacidad para **sintetizar** y para **convencer,** a cualquier interlocutor o tipo de audiencia, (especializada o no), los *conocimientos, ideas, teorías, metodologías, técnicas, problemas y soluciones,* propias del **ámbito temático de la Gestión, Producción y Mantenimiento de la Edificación**; y hacerlo mediante los *recursos y técnicas de documentación, presentación y divulgación*, (e incluso de *inventariado*), más apropiadas al caso específico, y en especial, las sustentadas en el uso de las *tecnologías de la información y la comunicación.*
f) ser capaces de identificar sus propias necesidades formativas en su campo de estudio y entorno laboral o profesional y de organizar su propio aprendizaje con un alto grado de autonomía en todo tipo de contextos (estructurados o no). Competencias adicionales	f) saber reconocer la necesidad de formación y tener la capacidad para desarrollar voluntaria y autónomamente el aprendizaje continuo en la rama de Ingeniería y Arquitectura, manteniéndose informado y actualizado, para incorporarla en su ejercicio profesional. Conocer y comprender el concepto de empresa, así como su marco institucional y jurídico. Poseer el conocimiento de las herramientas informáticas para su aplicación en la rama de Ingeniería y Arquitectura. Saber trabajar en equipo y tener la capacidad de dirigir grupos multidisciplinares. Adquirir la convicción del carácter de servicio a la sociedad de su quehacer profesional, así como la propia satisfacción por el éxito profesional.	f) Saber **reconocer** y ser capaz de **detectar** e **identificar** las propias necesidades formativas, y **desarrollar** y **mantener** la capacidad y la habilidad de **retroalimentar**, voluntaria y autónomamente, el *aprendizaje continuo,* en el campo disciplinar del **ámbito temático de la Gestión, Producción y Mantenimiento de la Edificación**, para *mantenerse informado y actualizado*, en todo tipo de contextos (estructurados o no), en cualquier entorno laboral, y a lo largo de todo el ejercicio profesional. **Conocer** y **comprender** los fundamentos teórico-prácticos de *la economía y sus ciclos*, y los conceptos y principios básicos de *gestión* y *administración*, su marco institucional y jurídico, de especial incidencia en el **ámbito temático de la Gestión, Producción y Mantenimiento de la Edificación** (sectores público y privado). **Demostrar** y/o **acreditar** un alto nivel de conocimiento de idiomas (al menos de *Inglés*), y de dominio de las *redes, aplicaciones y herramientas informáticas* de uso específico en el **ámbito temático de la Gestión, Producción y Mantenimiento de la Edificación,** (información, cálculo, diseño, planificación, gestión y control de procesos y actividades, *domótica*). **Poseer** la capacidad de integrarse y de *trabajar en equipo,* tanto en actividades específicas del **ámbito temático de la Gestión, Producción y Mantenimiento de la Edificación,** como, llegado el caso, saber **programar, organizar, coordinar y/o dirigir** grupos multidisciplinares, vinculados al ámbito temático.
		Asumir con convicción el carácter de servicio a la sociedad, y **actuar** desde *principios éticos y deontológicos* en el quehacer profesional, en el **ámbito temático de la Gestión, Producción y Mantenimiento de la Edificación,** así como proceder para **alcanzar** la propia satisfacción por el trabajo bien hecho y el reconocimiento profesional.

Tras su aprobación, por Resolución de 14 de septiembre de 2015, de la Dirección General de Política Universitaria, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 4 de septiembre de 2015, por el

que se determina el nivel de correspondencia al nivel del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior del Título Universitario Oficial de Arquitecto Técnico.

De conformidad con lo establecido en el artículo 24 del Real Decreto 967/2014, de 21 de noviembre, se determina que el título oficial universitario de Arquitecto Técnico se corresponde con el nivel 2 del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior.

Asimismo se indica que el nivel 2 de MECES se corresponde con el nivel 6 del Marco Europeo de Cualificaciones, tal como se indica en el artículo 4 del Real Decreto 1027/2011, de 15 de julio, por el que se establece el Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior, en su redacción dada por el Real Decreto 22/2015, de 23 de enero, por el que se establecen los requisitos de expedición del Suplemento Europeo a los títulos regulados en el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales y se modifica el Real Decreto 1027/2011, de 15 de julio, por el que se establece el Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior.

4. EL DECRETO 822 Y LA PROPUESTA DE UN PLAN DE ESTUDIOS CON MENCIONES

En el contexto regulado por el Real Decreto 822/2021, las menciones en los títulos de Grado suponen una vía de especialización dentro del propio plan de estudios, permitiendo al estudiantado profundizar en un ámbito concreto del conocimiento relacionado con su titulación. Estas menciones representan itinerarios curriculares específicos o intensificaciones formativas, y deben abarcar, al menos, un 20 % de los créditos totales del grado para ser reconocidas oficialmente. Es esencial que estén recogidas previamente en la memoria verificada del título, garantizando así su coherencia académica y su inclusión en la planificación docente. Una vez superados los créditos correspondientes, la mención queda reflejada tanto en el título oficial como en el Suplemento Europeo al Título, otorgando valor añadido a la formación del estudiante y reforzando sus competencias en áreas estratégicas para su desarrollo profesional.

Con base en lo establecido en el Real Decreto 822/2021, y con el objetivo de cumplir con los requisitos académicos para la inclusión de menciones en los títulos de Grado, se presenta una propuesta de plan de estudios del Grado en Ingeniería de la Edificación de la Universidad de Granada que incorpora tres menciones diferenciadas. Para garantizar que cada mención alcance al menos los 48 créditos optativos exigidos, se incluyen dos asignaturas comunes a todas ellas: el Taller 3 de Rehabilitación de Edificios y la asignatura de Estadística en Ingeniería de Edificación. Además, cada mención integra seis asignaturas específicas, con una carga de 4,5 créditos ECTS cada una, lo que suma un total de 27 créditos. A ello se añade una asignatura optativa adicional de 3 créditos por mención. En conjunto, estas asignaturas suman 48 créditos optativos por cada mención, permitiendo una especialización sólida y coherente. Esta propuesta se completa con un grupo común de optatividad formado por seis asignaturas en ámbitos clave como fundamentos científicos, estructuras, modelado BIM, gestión y coordinación, y sistemas de información geográfica (SIG).

Aún más, tanto en el Plan de Estudios del Grado como en el que se propone de Ingeniería de Edificación, las asignaturas de una mención pueden ser cursadas como optativas en cualquiera de las otras, facilitando que, con un poco más de esfuerzo, se pueden obtener dos o tres títulos de Grado, distinguibles entre sí, que pueden ser incorporados al Currículum del estudiante. Como el grupo de optatividad de cada mención son 9 créditos, estudiando dos asignaturas de otra mención se completaría y de estudiar esa segunda mención sólo serían necesarios 18 de los 27 créditos de mención total para tener la segunda mención, junto con el PFG.

En la tabla 4 que sigue a continuación puede verse el borrador de la estructura del plan de estudios de Ingeniería de Edificación

Tabla 4. Borrador de plan de estudios de Ingeniería de Edificación con menciones

GRADO EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN – PROYECTO DE PLAN DE ESTUDIOS 2025 – MENCIONES, MÓDULOS, ASIGNATURAS Y CRÉDITOS

CURSO 1º - SEMESTRE 1º FUNDAMENTOS 1	Formación	Créditos
Matemáticas para la Ingeniería 1	BA *mfb*	6
Física aplicada a la Ingeniería 1	BA *mfb*	9
Expresión y Comunicación Gráfica 1	BA *mfb*	6
Fundamentos de Geometría Descriptiva	OB *mfe*	3
Introducción a la Ingeniería de Edificación	BA *mfe*	6
CURSO 1º - SEMESTRE 2º FUNDAMENTOS 2		
Matemáticas para la Ingeniería 2	BA *mfb*	6
Física aplicada a la Ingeniería 2	BA *mfb*	6
Expresión Gráfica 2 – CAD *(Taller 1)*	BA *mfb*	6
Materiales 1 – Química y Geología	BA *mfb*	6
Tecnología de la Construcción 1	BA *mfe*	6

CURSO 2º - SEMESTRE 3º TECNOLOGÍAS 1	Formación	Créditos
Instalaciones en Edificación 1 – Hidráulicas. Gestión del Agua	OB *mfb*	6
Materiales 2 – Tecnología de los Materiales en Edificación	OB *mfe*	6
Estructuras 1 – Elasticidad y Resistencia de Materiales I	BA *mfe*	6
Expresión Gráfica de la Tecnología y el Proyecto de Edificación – BIM *(Taller 2)*	OB *mfe*	6
Tecnología de la Construcción 2	OB *mfe*	6
CURSO 2º - SEMESTRE 4º TECNOLOGÍAS 2		
Instalaciones en Edificación 2 – Electricidad BT y Climatización	OB *mfe*	6
Materiales 3 – Laboratorio y ensayos	OB *mfe*	6
Estructuras 2 – Elasticidad y Resistencia de Materiales 2	OB *mfe*	6
Rehabilitación de Edificios *(Taller 3)*	OB *men*	6
Estadística en Ingeniería de Edificación	OB *men*	6

CURSO 3º - SEMESTRE 5º ESPECIALIZACIÓN 1	Formación	Créditos
Legislación y Ética Profesional	OB *mfb*	6
Proyectos de Edificación 1 *(Taller 4)*	OB *mfe*	6
Proyecto de Desarrollo Urbano	OB *mfe*	6
Mención G, P o C – Asignatura 1	*OB men*	*4,5*
Mención G, P o C – Asignatura 2	*OB men*	*4,5*
Optativa 1	*OP*	*3*
CURSO 3º - SEMESTRE 6º ESPECIALIZACIÓN 2		
Economía aplicada a la Empresa	OB *mfb*	6
Mediciones y Presupuestos en Edificación 1	OB *mfe*	6
Topografía	OB *mfe*	6
Mención G, P o C – Asignatura 3	*OB men*	*4,5*
Mención G, P o C – Asignatura 4	*OB men*	*4,5*
Optativa 2	*OP*	*3*

CURSO 4º - SEMESTRE 7º PROCESOS 1	Formación	Créditos
Organización y Programación en Edificación	OB *mfe*	6
Gestión de la Calidad en Edificación	OB *mfe*	6
Prevención y Seguridad en Edificación	OB *mfe*	6
Mención G, P o C – Asignatura 5	*OB men*	*4,5*
Mención G, P o C – Asignatura 6	*OB men*	*4,5*
Optativa 3	*OP*	*3*
CURSO 4º - SEMESTRE 8º PROCESOS 2		
Gestión del Proceso y Equipos	OB *mfe*	6
Mediciones 2. Valoraciones, Tasaciones y Peritaciones	OB *mfe*	6
Prácticas externas	OB *mfe*	6
Proyecto Fin de Grado	OB *pfg*	12

En tercer curso los estudiantes optarán por la Mención de su elección, y en los semestres 5º, 6º y 7º cursarán un bloque cerrado de 6 asignaturas determinadas, y en cada uno elegirán, libremente, una de las asignaturas optativas ofertadas.

MENCIÓN GESTIÓN		
CURSO 3º - SEMESTRE 5º *Asignaturas 1 y 2*	Formación	Créditos
Administración Pública y Edificación	OB *men*	4,5
Infraestructuras Urbanas	OB *men*	4,5
CURSO 3º - SEMESTRE 6º *Asignaturas 3 y 4*		
Proyectos 2 – Planeamiento *(Taller 5G)*	OB *men*	4,5
Emprendimiento en Edificación	OB *men*	4,5
CURSO 4º - SEMESTRE 7º *Asignaturas 5 y 6*		
Gestión de Proyectos – *Project Manager*	OB *men*	4,5
Gestión de Información en Edificación. Herramientas	OB *men*	4,5

MENCIÓN PRODUCCIÓN		
CURSO 3º - SEMESTRE 5º *Asignaturas 1 y 2*	Formación	Créditos
Eficiencia energética en Edificación	OB *men*	4,5
Estructuras 3 – Diseño estructural	OB *men*	4,5
CURSO 3º - SEMESTRE 6º *Asignaturas 3 y 4*		
Proyectos 2 – Ejecución *(Taller 5P)*	OB *men*	4,5
Tecnología de la Construcción 3	OB *men*	4,5
CURSO 4º - SEMESTRE 7º *Asignaturas 5 y 6*		
Gestión de la Construcción	OB *men*	4,5
Geotecnia y cimentación aplicadas	OB *men*	4,5

MENCIÓN CONSERVACIÓN		
CURSO 3º - SEMESTRE 5º *Asignaturas 1 y 2*	Formación	Créditos
Conservación y Restauración del Patrimonio Edificado	OB *men*	4,5
Estructuras 3 – Patrimonio Edificado	OB *men*	4,5
CURSO 3º - SEMESTRE 6º *Asignaturas 3 y 4*		
Proyectos 2 – Rehabilitación *(Taller 5C)*	OB *men*	4,5
Tecnología de la Construcción y Restauración del Patrimonio Edificado	OB *men*	4,5
CURSO 4º - SEMESTRE 7º *Asignaturas 5 y 6*		
Gestión del Patrimonio Edificado	OB *men*	4,5
Fotogrametría y Documentación	OB *men*	4,5

OPTATIVAS (Incluso asignaturas de otras menciones)		
SEMESTRES 5º, 6º ó 7º *Optativas 1, 2 ó 3*	Formación	Créditos
Matemáticas para la Ingeniería 3	OP	3
Física aplicada a la Ingeniería 3	OP	3
SEMESTRES 5º, 6º ó 7º *Optativas 1, 2 ó 3*		
Estructuras 4 – Dinámica estructural avanzada e Ingeniería antisísmica.	OP	3
Modelado avanzado – BIM 2	OP	3
SEMESTRES 5º, 6º ó 7º *Optativa 1, 2 ó 3*		
Gestión y Coordinación de Seguridad y Salud en Edificación	OP	3
Sistemas de Información Geográfica	OP	3

Asignaturas: Básicas BA, Obligatorias OB y Optativas OP del real decreto 822/2021, en los Módulos de formación *básica mfb*, o *específica mfe*, de la Orden ECI 3855/2007, así como asignaturas de mención *men* del Plan de Estudios

5. CONCLUSIONES

La propuesta que se plantea, recoge todas las competencias recogidas en la Orden ECI que regula la habilitación profesional en España para los arquitectos técnicos, y plantea menciones que fortalecen la formación de nuestros egresados de grado en aquellas áreas de expertizaje en las que, posteriormente nuestros egresados se especializan.

Todos los estudiantes del plan, en el 4º semestre de 2º curso cursarán obligatoriamente, como asignaturas de su mención la Rehabilitación de Edificios (6 ECTS) y la Estadística en Ingeniería de Edificación (6 ECTS), que vienen a reforzar el carácter de ingeniería de la titulación.

Tabla 5. Asignaturas de mención, comunes a las tres menciones

CURSO 2º - SEMESTRE 4º TECNOLOGÍAS 2	Formación	Créditos
Instalaciones en Edificación 2 – Electricidad BT y Climatización	OB *mfe*	6
Materiales 3 – Laboratorio y ensayos	OB *mfe*	6
Estructuras 2 – Elasticidad y Resistencia de Materiales 2	OB *mfe*	6
Rehabilitación de Edificios *(Taller 3)*	OB *men*	6
Estadística en Ingeniería de Edificación	OB *men*	6

A partir de ahí, durante los cursos 3º y 4º el estudiante hará las asignaturas de mención:

Tabla 6. Asignaturas de la mención de Gestión

CURSO 3º - SEMESTRE 5º ESPECIALIZACIÓN 1	Formación	Créditos
Legislación y Ética Profesional	OB *mfb*	6
Proyectos de Edificación 1 *(Taller 4)*	OB *mfe*	6
Proyecto de Desarrollo Urbano	OB *mfe*	6
Administración Pública y Edificación	**OB *men***	**4,5**
Infraestructuras Urbanas	**OB *men***	**4,5**
Optativa 1	*OP*	*3*
CURSO 3º - SEMESTRE 6º ESPECIALIZACIÓN 2		
Economía aplicada a la Empresa	OB *mfb*	6
Mediciones y Presupuestos en Edificación 1	OB *mfe*	6
Topografía	OB *mfe*	6
Proyectos 2 – Planeamiento *(Taller 5G)*	**OB *men***	**4,5**
Emprendimiento en Edificación	**OB *men***	**4,5**
Optativa 2	*OP*	*3*

CURSO 4º - SEMESTRE 7º PROCESOS 1	Formación	Créditos
Organización y Programación en Edificación	OB *mfe*	6
Gestión de la Calidad en Edificación	OB *mfe*	6
Prevención y Seguridad en Edificación	OB *mfe*	6
Gestión de Proyectos – *Project Manager*	**OB *men***	**4,5**
Gestión de Información en Edificación. Herramientas	**OB *men***	**4,5**
Optativa 3	*OP*	*3*
CURSO 4º - SEMESTRE 8º PROCESOS 2		
Gestión del Proceso y Equipos	OB *mfe*	6
Mediciones 2. Valoraciones, Tasaciones y Peritaciones	OB *mfe*	6
Prácticas externas	OB *mfe*	6
Proyecto Fin de Grado	OB *pfg*	12

Tabla 6. Asignaturas de la mención de Producción

CURSO 3º - SEMESTRE 5º ESPECIALIZACIÓN 1	Formación	Créditos		CURSO 4º - SEMESTRE 7º PROCESOS 1	Formación	Créditos
Legislación y Ética Profesional	OB *mfb*	6		Organización y Programación en Edificación	OB *mfe*	6
Proyectos de Edificación 1 *(Taller 4)*	OB *mfe*	6		Gestión de la Calidad en Edificación	OB *mfe*	6
Proyecto de Desarrollo Urbano	OB *mfe*	6		Prevención y Seguridad en Edificación	OB *mfe*	6
Eficiencia energética en Edificación	**OB** *men*	**4,5**		**Gestión de la Construcción**	**OB** *men*	**4,5**
Estructuras 3 – Diseño estructural	**OB** *men*	**4,5**		**Geotecnia y cimentación aplicadas**	**OB** *men*	**4,5**
Optativa 1	*OP*	*3*		*Optativa 3*	*OP*	*3*
CURSO 3º - SEMESTRE 6º ESPECIALIZACIÓN 2				CURSO 4º - SEMESTRE 8º PROCESOS 2		
Economía aplicada a la Empresa	OB *mfb*	6		Gestión del Proceso y Equipos	OB *mfe*	6
Mediciones y Presupuestos en Edificación 1	OB *mfe*	6		Mediciones 2. Valoraciones, Tasaciones y Peritaciones	OB *mfe*	6
Topografía	OB *mfe*	6		Prácticas externas	OB *mfe*	6
Proyectos 2 – Ejecución *(Taller 5P)*	**OB** *men*	**4,5**		Proyecto Fin de Grado	OB *pfg*	12
Tecnología de la Construcción 3	**OB** *men*	**4,5**				
Optativa 2	*OP*	*3*				

Tabla 6. Asignaturas de la mención de Conservación

CURSO 3º - SEMESTRE 5º ESPECIALIZACIÓN 1	Formación	Créditos		CURSO 4º - SEMESTRE 7º PROCESOS 1	Formación	Créditos
Legislación y Ética Profesional	OB *mfb*	6		Organización y Programación en Edificación	OB *mfe*	6
Proyectos de Edificación 1 *(Taller 4)*	OB *mfe*	6		Gestión de la Calidad en Edificación	OB *mfe*	6
Proyecto de Desarrollo Urbano	OB *mfe*	6		Prevención y Seguridad en Edificación	OB *mfe*	6
Conservación y Restauración del Patrimonio Edificado	OB *men*	4,5		**Gestión del Patrimonio Edificado**	OB *men*	4,5
Estructuras 3 – Patrimonio Edificado	**OB** *men*	**4,5**		**Fotogrametría y Documentación**	**OB** *men*	**4,5**
Optativa 1	*OP*	*3*		*Optativa 3*	*OP*	*3*
CURSO 3º - SEMESTRE 6º ESPECIALIZACIÓN 2				CURSO 4º - SEMESTRE 8º PROCESOS 2		
Economía aplicada a la Empresa	OB *mfb*	6		Gestión del Proceso y Equipos	OB *mfe*	6
Mediciones y Presupuestos en Edificación 1	OB *mfe*	6		Mediciones 2. Valoraciones, Tasaciones y Peritaciones	OB *mfe*	6
Topografía	OB *mfe*	6		Prácticas externas	OB *mfe*	6
Proyectos 2 – Rehabilitación *(Taller 5C)*	**OB** *men*	**4,5**		Proyecto Fin de Grado	OB *pfg*	12
Tecnología de la Construcción y Restauración del Patrimonio Edificado	**OB** *men*	**4,5**				
Optativa 2	*OP*	*3*				

Los 12 créditos de mención cursados por todos los estudiantes durante el cuarto semestre del curso 2º, más los 27 créditos específicos de mención, más los 9 créditos optativos que los estudiantes pueden elegir libremente, completan los 48 créditos necesarios para que haya una mención de especialización. A ellos se añaden los 6 créditos de Prácticas Externas completando un total de 54 créditos. Los 180 créditos de la orden ECI se refuerzan con 3 créditos adicionales en materias básicas y 3 créditos adicionales en conocimientos específicos, comunes también a todos los estudiantes.

A ello se puede añadir que, los estudiantes pueden hacer una segunda mención, cursando como optativas, las asignaturas obligatorias de otra mención, con lo que hacer una segunda mención sólo le supondría 18 créditos adicionales de estudio, obteniendo un título con dos menciones de espcialización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Declaración de Bolonia (1999). Declaración conjunta de los ministros europeos de Educación. Bolonia, 19 de junio de 1999. https://www.ehea.info/page-ministerial-declarations

Comunicado de la Conferencia de Ministros Europeos responsables de Educación Superior. Bergen, 19-20 de mayo de 2005 (4.ª Conferencia Ministerial del Proceso de Bolonia, con 45 países participantes). Comunicado de Bergen 2005. Disponible en español y otros idiomas: https://ehea.info/page-ministerial-conference-bergen-2005?utm_source=chatgpt.com

Libro Blanco. Título de Grado en Ingeniería de Edificación (España, aprobado por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación — ANECA; marzo de 2005 – publicado inicialmente en 2005). https://www.aneca.es/documents/20123/63950/libroblanco_jun05_edificacion.pdf/c7a27074-cb27-d316-b9a0-15b50a00562c?t=1654601777930&utm_source=chatgpt.com

Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales (BOE núm. 260, de 30 de octubre de 2007). https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-18770-consolidado.pdf

Orden ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico (BOE núm. 312, de 29 de diciembre de 2007, pp. 53739–53742). http://www.boe.es/eli/es/o/2007/12/27/eci3855

Orden CIN/307/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas (BOE núm. 42, de 18 de febrero de 2009). https://www.boe.es/boe/dias/2009/02/18/pdfs/BOE-A-2009-2736.pdf

Real Decreto 1027/2011, de 15 de julio, por el que se establece el Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES) (BOE núm. 185, de 3 de agosto de 2011). https://www.boe.es/boe/dias/2011/08/03/pdfs/BOE-A-2011-13317.pdf

Real Decreto 967/2014, de 21 de noviembre, por el que se establecen los requisitos y el procedimiento para la homologación y declaración de equivalencia a titulación y a nivel académico universitario oficial y para la convalidación de estudios extranjeros de educación superior, y el procedimiento para determinar la correspondencia a los niveles del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES) de los títulos oficiales de Arquitecto, Ingeniero, Licenciado, Arquitecto Técnico, Ingeniero Técnico y Diplomado (BOE núm. 283, de 22 de noviembre de 2014). https://www.boe.es/boe/dias/2014/11/22/pdfs/BOE-A-2014-12098.pdf

Resolución de 14 de septiembre de 2015, de la Dirección General de Política Universitaria, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 4 de septiembre de 2015, por el que se determina el nivel de correspondencia al nivel del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior del Título Universitario Oficial de Arquitecto Técnico (BOE núm. 236, de 2 de octubre de 2015, pp. 89649–89651). https://www.boe.es/boe/dias/2015/10/02/pdfs/BOE-A-2015-10593.pdf

Real Decreto 822/2021, de 28 de septiembre, por el que se establece la organización de las enseñanzas universitarias y del procedimiento de aseguramiento de su calidad (BOE núm. 237, de 29 de septiembre de 2021). https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2021-15781

RECURSOS INFORMATIVOS PARA LA INTERNACIONALIZACIÓN DE LA ETSIE DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

INFORMATIVE RESOURCES FOR INTERNATIONALIZATION AT THE SCHOOL OF BUILDING ENGINEERING – UNIVERSITY OF GRANADA

Ana M. Martínez Vela[(1)], Fabián García Carrillo[(2)], Emilio Gómez Cobos[(3)]

[1] ETSIE - Universidad de Granada, España, amvela@ugr.es
[2] ETSIE - Universidad de Granada, España, fabian@ugr.es
[3] ETSIE - Universidad de Granada, España, emiliog@ugr.es

RESUMEN

Este artículo presenta una revisión de las estrategias implementadas para informar a los estudiantes matriculados en el Grado en Ingeniería de la Edificación y el Grado Doble en Ingeniería de la Edificación y Economía en la Escuela de Ingeniería de la Edificación de la Universidad de Granada. El estudio examina la difusión de información sobre la internacionalización y las oportunidades de movilidad estudiantil que ofrecen tanto la Escuela como el Vicerrectorado de Internacionalización.

Aunque se hace hincapié principalmente en los estudiantes que salen al extranjero, el estudio también considera la importancia de apoyar a los estudiantes procedentes de Europa, América Latina y otras zonas del mundo. Se subraya la importancia de mantener un calendario regular de sesiones informativas a lo largo del curso académico, con un mínimo recomendado de dos sesiones en el primer semestre y tres en el segundo. Esto es especialmente pertinente dada la complejidad del programa de doble titulación y la colaboración continua con la Builders School Engineers, de Caen (Francia).

Los resultados sugieren que garantizar que los estudiantes estén bien informados sobre toda la gama de oportunidades internacionales disponibles es esencial para su crecimiento académico y desarrollo profesional. Sin embargo, lograr la participación de los estudiantes sigue siendo un reto. Como respuesta, el equipo académico explora y aplica continuamente estrategias de comunicación eficaces para captar su interés y fomentar la participación activa.

Palabras clave: *Estudiantes de Ingeniería de la Construcción; internacionalización; movilidad estudiantil; asesoramiento académico; educación superior.*

ABSTRACT

This paper presents a review on the strategies implemented to inform students enrolled in the Degree in Building Engineering and the Double Degree in Building Engineering and Economics at the School of Building Engineering, University of Granada. The study examines the dissemination of information on internationalization and student mobility opportunities provided by both the School and the Vice-Rectorate for Internationalization, with particular emphasis on engaging both newly admitted students and those possessing prior academic experience.

Although the primary emphasis is placed on outgoing students, the study also considers the relevance of supporting incoming students from Europe, Latin America, and other areas of the world. The importance of maintaining a regular schedule of informative sessions throughout the academic year is underlined, with a recommended minimum of two sessions in the first semester and three in the second. This is especially pertinent given the complexity of the double degree program and the ongoing collaboration with the Builders School Engineers, Caen (France).

The findings suggest that ensuring students are well-informed about the full range of international opportunities available is essential for their academic growth and professional development. However, engaging students remains a challenge. As a response, the academic team continuously explores and applies effective communication strategies to capture their interest and encourage active participation.

Keywords: *Building Engineering students; internationalization; student mobility; academic advising; higher education.*

1. INTRODUCTION

This paper presents a case study examining the implementation of visual communication strategies aimed at informing students in both the Bachelor's and Double Degree programs about the various internationalization opportunities available through the School of Building Engineering at the University of Granada.

As part of our support framework, it is advisable to hold at least two meetings with students during the first semester and three during the second semester, considering that there is an extra call for Erasmus + in the month of April or May. This scheduling takes into account the specific needs of the Double Degree program and the international workshop/Summer School conducted in collaboration with the Builders School Engineers (ESITC) in Caen, France, which takes place at the end of the second semester.

While the primary focus is on outgoing students from our School, it is also essential to consider incoming students from Europe, Latin America, and other parts of the world. Although our primary institutional responsibility lies with students undertaking mobility abroad, the experience acquired from the situation of the COVID-19 pandemic has highlighted the importance of also maintaining comprehensive information on incoming students, ensuring they have access to all necessary materials, and being able to locate and support them when needed.

2. MATERIALS AND STRATEGIES

2.1 Informative Meeting for First-Year Building Engineering Students Led by the School Director and Management Team

The governance team of our School, under the leadership of the Director, has consistently emphasized the importance of providing students with comprehensive information about the opportunities and resources available to them throughout their academic journey at both the School of Building Engineering and the University of Granada.

From the very outset of their university experience, it is considered essential that students are well-informed about the academic, administrative, and internationalization possibilities they can access. Consequently, during the first week of classes, an introductory address is delivered to first-year students' class by class to welcome them and outline key aspects of their studies. This is followed by a more detailed general meeting held in the Auditorium, where students receive specific information, guidance, and supporting materials designed to facilitate their integration and engagement with the School's programs.

In the case of mobility, a specific presentation has been given for these occasions, delving into important elements to be aware of throughout the degree program. The subsequent slides have been carefully prepared to support this event, ensuring that the content is clear, accessible, and comprehensive.

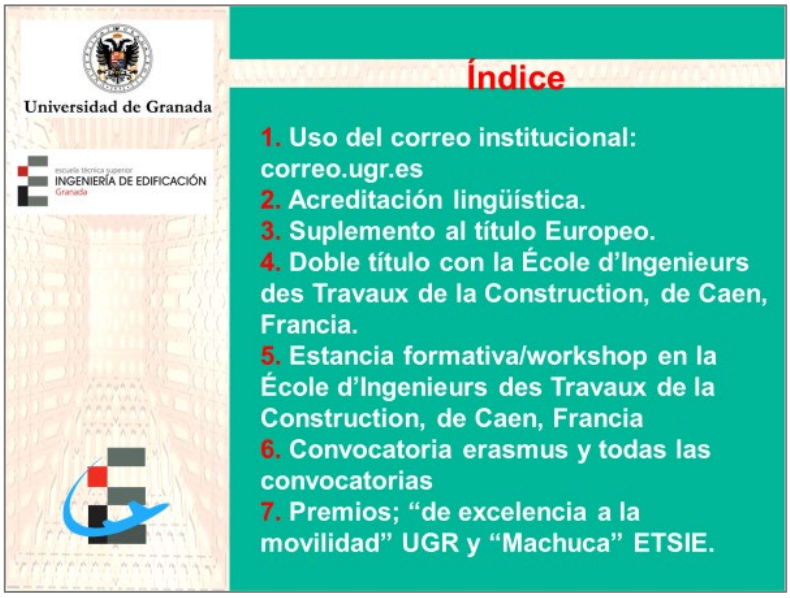


Figure 1: Example of Slide with the first-year students. The international logo has been created by Fabián García Carrillo

2.2 Annual International Workshop in Building Engineering

Prior to the commencement of the Erasmus selection process, the School of Building Engineering (ETSIE) organizes an International Workshop, held in the main hall of the School. The program for this event is communicated in advance via personalized email to all students enrolled at the School.

As part of the workshop, the School invites academic staff from partner universities to present their institutions and countries of origin. In addition, representatives from the University of Granada with responsibilities in the academic management of internationalization are invited to contribute. The program also includes round-table discussions involving students who have previously participated in international mobility programs, current incoming students hosted by ETSIE, and academic coordinators responsible for supervising and approving Learning Agreements. These tutors play a key role in guiding Erasmus students in the academic planning and validation of their study periods abroad. And, also included in the program of our yearly Workshop features informational stands staffed by scholarship students or volunteers available throughout the morning and afternoon, offering students the opportunity to engage directly with international mobility content and resources.



Figure 2: Our first poster for the information Workshop in the academic year 2018-2019



Figure 3: Our last poster for the information Workshop. The logo was designed by Fabián García Carrillo.

For each information session, or for the International Workshop, or for any event related to international calls, students are notified individually via institutional email, and announcements are also published on the school's official website and other platforms used by our school.

2.3 Information Sessions on Mobility Programs (National, European, and International)

Along with this annual event, the School holds regular information sessions throughout the academic year. These meetings serve to address both the key stages of the official mobility calendar and any emerging opportunities, regulatory changes, or student needs that may arise. This ongoing communication ensures continuous, updated support for students engaged in or preparing for international or even, national mobility. The emergence of new mobility opportunities can occur at any time during the academic year, and we are committed to encouraging Building Engineering students to participate as actively as possible in these significant initiatives.

The content of these sessions provides comprehensive information on the full range of mobility programs available through the University of Granada in which Building Engineering students may participate. This includes European mobility opportunities (Erasmus+), international placements through the University's own programs (Programa Propio UGR), internships offered via the UGR's Estancias Formativas initiative, national mobility programs (SICUE), different Arqus Programs, the program for the Final Project of our studies taken place in Morocco, and finally, the Double Degree program in collaboration with the Builders School Engineers (ESITC) in Caen, France, and also, any category of mobility offered by the University of Granada.

In our information sessions, visual aids are employed based on the understanding that students more effectively retain and comprehend information presented visually. The content of the PowerPoint presentations is delivered in a concise and summarized manner during the sessions. Due to the extensive scope of these presentations, it is impractical to cover all slides within the limited timeframe of meetings with undergraduate students; nevertheless, the complete presentation is made accessible for students who require more detailed information regarding specific mobility destinations. During the first sessions, students

are presented with an overview of all mobility options offered by the University of Granada. The aim is to encourage them to begin considering potential destinations and to familiarize themselves with the available international programs and what the University of Granada offers them.

Students are directed from our official website to the official website of the Vice-Rectorate for Internationalization, which serves as the primary and most reliable source of updated information regarding mobility programs. Emphasis is placed on the importance of students independently accessing and engaging with this information as part of their preparation.

Our presentations also include guidance on administrative procedures at both the School and University levels, providing students with an understanding and learning of institutional processes in general and those related to enrolment and mobility opportunities. Within the session, particular emphasis is placed on fostering student autonomy by encouraging individuals to actively engage with the available digital resources and to assume responsibility for their own preparatory processes.

In the sessions for our students becoming out-going Erasmus, an initial overview of the Erasmus+ destinations currently available through the School is presented as a foundation for further exploration. This preliminary information serves to orient students within the broader framework of available options. Following this, students are encouraged to undertake a more thorough and autonomous investigation in order to identify the destinations that best align with their individual academic goals, professional aspirations, and personal preferences.

We try to advise students on all the necessary and practical steps they should take before embarking on their mobility adventure, whether national or international. Our goal is to advise students on all the necessary and practical steps they should take before embarking on their mobility adventure, whether national or international, and thus avoid any undesirable situations that may arise during their mobility. We must bear in mind that, unfortunately, students tendo to be influenced by rumours and so not usually go directly to the sources, which causes them numerous inconveniences and unpleasant situations.

In our various presentations to students, certain slides are delivered in Spanish, consistent with the language of the session, while others are presented in English to better prepare students for future scenarios in which they will be required to communicate in a second language – most commonly English – as the lingua franca of the moment.

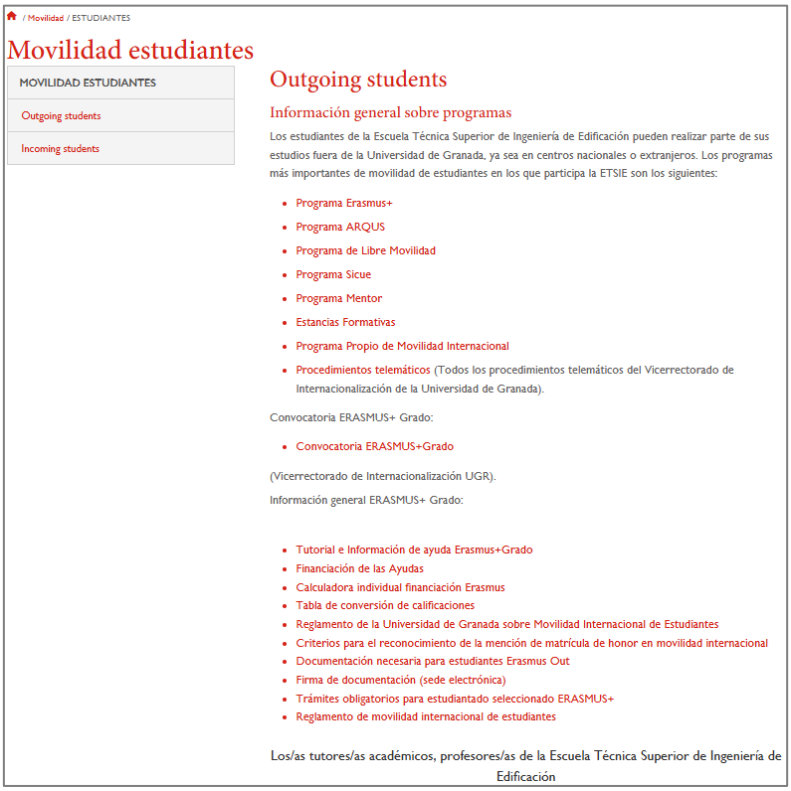


Figure 4: Student's International information in our homepage

An example of the misinformation held by our students in the case of the University of Granada, is their complete ignorance of the existence of a Regulation on International Student Mobility, approved at the regular meeting of the Governing Council on June 26, 2019 and, revised on February 7, 2023. These regulations take into account all the rights and obligations of the entire university community, including, of course, the student body, regarding mobility in general, and reflect any cases that may arise.

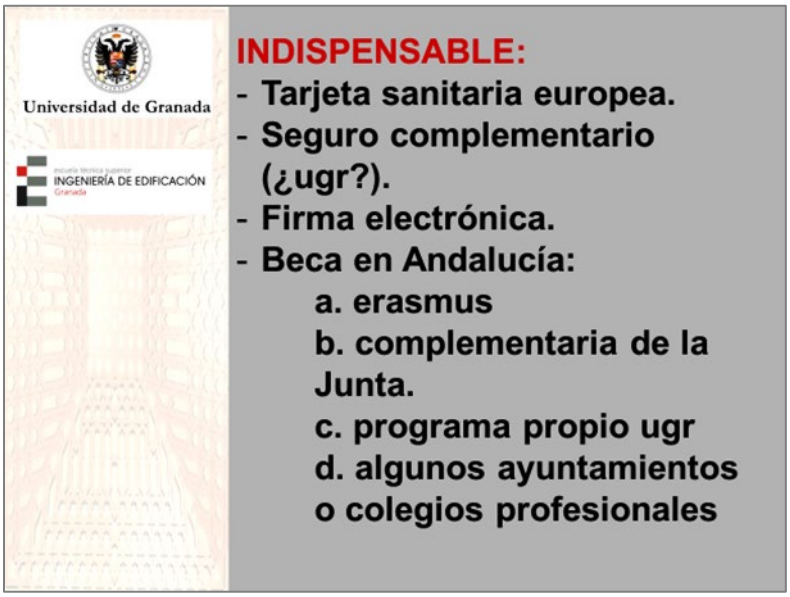


Figure 5: Presentation out-goings. Own creation.

2.4 Induction Day and Welcome Session for Incoming Building Engineering Students

Finally, each faculty and school at the University of Granada organizes two “Induction Days” during the course, with the primary objective of providing incoming students with as much relevant information as possible. These welcome days are suggested by our Office of International Relations (ORI) at the University of Granada (UGR). The ORI itself holds a much more general meeting, leaving us, the centers, to be more specific about the degrees we offer.

These sessions are held during the first week of September and the second week of February, coinciding with the start of each academic semester. Students are informed about both their receiving faculty's and our institution's General Induction Days by the Office of International Relations (ORI) of the University of Granada. This timing is especially important given that many European exchange students attend for only one semester.

In our School, during these induction sessions, students are introduced to various aspects of life in Spain, particularly focusing on our region, Andalusia, and the province of Granada. The presentation covers the School, the University and all the services offered for the students and continues with key cultural and historical elements, including major landmarks, prominent athletes, well-known musicians, regional architecture, gastronomy, and more. This welcome presentation is more comprehensive than the other informational sessions offered to students, lasting approximately 45 minutes. It provides an in-depth introduction to the cultural, social, and geographical context in which students will be living during their five- to nine-month stay. Entitled *A Cultural Picture of the University of Granada and Our City*, the presentation includes approximately 125 slides. Despite its length, it remains highly engaging, offering a rich and dynamic overview of the city, the Andalusian region, and Spain as a whole.

3. CONCLUSIONS

In conclusion, it is crucial that students are well-informed about the wide range of opportunities provided by both their School and University. This knowledge allows them to make thoughtful decisions that support their academic development and professional goals. However, our experience shows that ensuring students receive and absorb this information can be quite challenging. Our team has implemented various strategies to attract students and facilitate their access to relevant resources, but often we find that success comes only

when we manage to capture their attention during their limited free time. Because of this, it is essential to continue developing creative and effective ways to involve students, helping them to stay informed and empowered to make choices that will benefit their educational journey and future careers.

Drawing from extensive experience in both management and instruction within technical schools, we have observed that capturing and maintaining student's attention presents a significant and ongoing challenge. This difficulty can likely be attributed to the rigorous and demanding nature of their academic programs, which require students to dedicate substantial amounts of time and effort to achieve satisfactory and fulfilling outcomes. Consequently, students often prioritize their core studies, leaving limited availability or willingness to engage in additional activities or informational sessions. Understanding this context is crucial for developing effective strategies that respect their workload while still encouraging meaningful engagement for their profitable future.

REFERENCES

Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSIE) Homepage, https://etsie.ugr.es/, last accessed 2025/08/09.

Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSIE), Información General Movilidad, https://etsie.ugr.es/movilidad/informacion-general, last accessed 2025/08/09.

Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSIE), https://etsie.ugr.es/movilidad/estudiantes, last accessed 2025/08/09.

Universidad de Granada (UGR) Homepage, https://www.ugr.es/, last accessed 2025/08/09.

Universidad de Granada (Ugr). Reglamento de movilidad internacional de estudiantes, https://www.ugr.es/universidad/normativa/ncg1451-reglamento-movilidad-internacional-estudiantes, last accessed 2025/08/09.

Universidad de Granada (UGR), Vicerrectorado de Estudiantes y Empleabilidad, https://ve.ugr.es/servicios/asistencia-estudiantil/movilidad-nacional-sicue, last accessed 2025/08/09

Universidad de Granada (UGRr), Vicerrectorado de Internacionalización, Homepage https://internacional.ugr.es/, last accessed 2025/08/09.

Universidad de Granada (UGR), Vicerrectorado de Internacionalización, Homepage https://internacional.ugr.es/estudiantes/movilidad-saliente/tramites-erasmus/firma-doc-out, https://internacional.ugr.es/estudiantes/movilidad-saliente/tramites-erasmus y https://internacional.ugr.es/estudiantes/movilidad-saliente, last accessed 2025/08/09.

BUILDING RESEARCH

CONSTRUCCIÓN CON CORAL: CIUDAD DE VERACRUZ

CONSTRUCTION WITH CORAL: CITY OF VERACRUZ

José Antonio Rodríguez López [(1)], Alejandra Vidales Barriguete [(2)], Julián García Muñoz [(3)]

[1] Programa de Doctorado en Innovación Tecnológica en Edificación, Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, ja.rlopez@alumnos.upm.es
[2] Departamento de Tecnología de la Edificación, Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, alejandra.vidales@upm.es
[3] Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control, Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, julian.garciam@upm.es

RESUMEN

La Ciudad y Puerto de Veracruz fue fundada por los españoles en la costa del Golfo de México, en el sitio conocido como Ventas de Buitrón. Desde finales del siglo XV y a lo largo de los siglos XVI al XVIII, se construyeron fortificaciones como murallas, puertas, cuarteles y atarazanas para proteger el puerto. Una de las principales estructuras defensivas fue el Castillo de San Juan de Ulúa, levantado sobre una isleta en el arrecife La Gallega. Para su construcción se empleó piedra coral extraída de arrecifes cercanos, un material peculiar que ha despertado interés por sus propiedades únicas.

Este material coralino, de la familia de las madréporas y conocido como piedra múcara, múca o mucar, fue utilizada primero en construcciones militares y luego en edificaciones civiles. La piedra se transformaba en sillares, mientras que los restos se pulverizaban y mezclaban con arena para fabricar un cementante que unía los bloques.

Actualmente, la extracción de esta piedra está prohibida debido a su impacto ecológico, lo que dificulta las labores de restauración con materiales originales. Como alternativa, se emplean materiales como bloques de piedra caliza o ladrillo, y se han propuesto nuevas técnicas de restauración. Entre ellas, destaca la fabricación de bloques sustitutivos con morteros de cal compatibles con los corales, mezclados con arenas de sílice y calcáreas.

En este documento se presentan los primeros resultados de los ensayos físicos y mecánicos realizados en diversos compuestos de cal propuestos como alternativa a la utilización del coral en la rehabilitación de estos inmuebles, con el fin de validar la viabilidad de estos nuevos materiales en la conservación del patrimonio. Estas innovaciones representan un avance importante para preservar la arquitectura histórica de Veracruz, marcada por su riqueza cultural y singularidad constructiva.

Palabras clave: *Coral, Caribe, Fortalezas, Rehabilitación, Conservación de Patrimonio Histórico.*

ABSTRACT

The City and Port of Veracruz was founded by the Spanish on the Gulf of Mexico coast, at a site known as Ventas de Buitrón. From the late 15th century and throughout the 16th to 18th centuries, fortifications such as walls, gates, barracks, and shipyards were built to protect the port. One of the main defensive structures was the Castle of San Juan de Ulúa, built on an islet in the La Gallega reef. Coral stone extracted from nearby reefs was used in its construction—a unique material that has attracted interest due to its distinctive properties.

This coral material, belonging to the madreporic family and known as piedra múcara, muca, or mucar, was initially used in military buildings and later adopted in civil architecture. The stone was cut into blocks, while the remnants were ground and mixed with sand to produce a binder used to join the blocks.

Currently, the extraction of this stone is prohibited due to its ecological impact, making restoration efforts with original materials difficult. As an alternative, materials such as limestone blocks or bricks are used, and new restoration techniques have been proposed. Among these is the production of substitute blocks using lime-based mortars compatible with coral, mixed with silica and calcareous sands.

This paper presents the first results of the physical and mechanical tests carried out on various lime composites proposed as an alternative to the use of coral in the rehabilitation of these buildings, in order to validate the viability of these new materials in heritage conservation. These innovations represent an important advance to preserve the historical architecture of Veracruz, marked by its cultural richness and constructive uniqueness.

Keywords: *Coral, Caribbean, Fortresses, Rehabilitation, Conservation of Historical Heritage.*

1. INTRODUCCIÓN

Posterior al establecimiento de los españoles en tierras de ultramar, en 1519, y específicamente en México (Rodríguez Herrero, 2013) (Cortés Hernández, 2009), se inició la construcción de edificaciones, en principio de carácter militar, con la finalidad de defender y proteger al puerto de Veracruz ante los latentes ataques de piratas y otras naciones en busca de conquistar el nuevo territorio de la corona Española (Priego Medina, 2022). En principio se estableció la fortaleza, fuerza o Castillo de San Juan de Ulúa sobre el islote nombrado del mismo modo (Priego Medina, 2022) por Juan de Grijalva a finales del mes de junio de 1518 (Melgarejo Vivanco, 1960). Tras una serie de incendios que azotaron la ciudad entonces conocida como "ciudad de tablas" por haber sido erigida principalmente con madera (Priego Medina, 2023), y por la falta de canteras cercanas a ella, se emitió el decreto de Cal y Canto que obliga a construir con mampostería(Pineda Campos, 2005) (Martínez Aguilar, 2020). Para dar cumplimiento a este decreto y ante la falta de canteras cercanas y con la experiencia de los inicios de la construcción de la Fortaleza, se optó por la extracción de corales de gran tamaño del fondo del mar, este material se le dio el nombre de piedra muca o múcara (Priego Medina, 2023). Conocidos popularmente como mucar, estos corales se denominan de tipo madrepórico (Prado Núñez & Hernández Hernández, 2015), y se encontraban en los arrecifes bordeantes frente a las costas de la ciudad de Veracruz y del propio islote donde se erigió el Castillo (Pineda Campos, 2005). Los corales fueron secados al sol y careados en forma de sillar (Priego Medina, 2022).

Desde la época de la colonia (1521-1810) hasta la actualidad se ha extraído el sustrato madrepórico como material de construcción, lo que ha provocado la casi total desaparición de algunos de los arrecifes bordeantes (Pineda Campos, 2005). Este hecho ha tenido una gran influencia sobre el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), pues de sus arrecifes coralinos se han extraído tanto la piedra múca, como el material que se utilizó para "pegar" los bloques con los que se construyeron casas y edificios públicos, algunos de los cuales permanecen hoy en día, y que estaban formados por coral blando, restos de coral duro triturado y otros organismos con esqueletos de carbonato de calcio (Programa de Manejo Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, 2017).

A consecuencia de la extracción del material arrecifal, se publica el Decreto, 1992 donde queda establecido el daño ecológico de gran magnitud generado en los arrecifes que se encuentran frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado pertenecientes al PNSAV. Como resultado el 24 de agosto de 1992 se publicó el Decreto en el Diario Oficial de la Federación (DOF), declarando área natural protegida con el carácter de Parque Marino Nacional a la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, conviniendo en su artículo sexto la prohibición de captura o recolección de corales, algas coralígenas, así como especies malacológicas; de igual manera debido a que las áreas de donde se extraía el material madrépora, empleado para la construcción de edificaciones como antes se vio, quedó delimitado por un polígono establecido que contemplaba 52.238-91-50 hectáreas (Decreto, 1992). Este decreto ha pasado por dos modificaciones, la primera el 25 de noviembre de 1994 y la segunda y vigente el 29 de noviembre de 2012. En esta última reforma se estableció un conjunto de 28 formaciones arrecifales en una extensión de 65.516-47-08,05 hectáreas. Corresponde al artículo décimo establecer la prohibición de tocar o manipular los corales o las especies que se desarrollan en los arrecifes coralinos o dañar éstos en cualquier forma (Decreto, 2012).

En la búsqueda de la preservación de las técnicas constructivas originales y sus materiales, Pineda Campos hace una gran aportación al analizar seis tipos distintos de corales madrepóricos o escleractinios, identificados como los usados principalmente en las construcciones, dando a conocer entre sus resultados

las propiedades mecánicas de estos (Pineda Campos, 2005). Por otra parte, Martínez Aguilar da a conocer los materiales y técnicas empleadas en los procesos constructivos de la Ciudad de Veracruz, a través de su investigación histórica, aportando con mayor detalle las características de los morteros y haciendo una revisión a las características y propiedades de los corales que de acuerdo con lo establecido en la documentación histórica fueron empleados, así como, la procedencia de los materiales (Martínez Aguilar, 2020). Los autores Lana, J. y Alvarez, J.I. por su parte analizan mezclas de morteros de cal para su empleo en restauración del patrimonio, probando mezclas de cal aérea e hidráulica con áridos de sílice y calcáreos, analizando las modificaciones de composición durante el fraguado y la evolución de propiedades fisicoquímicas y mecánicas (Lanas & Alvarez, 2006).

Derivado de lo anterior nace el presente estudio que busca aportar nuevo conocimiento en el campo de la preservación del patrimonio, ofreciendo una variante al coral, proponiendo realizar reintegraciones en las edificaciones con bloques de mortero de cal y arena, provenientes de diversos puntos de España. A continuación, se presentan los resultados de los primeros ensayos mecánicos y físicos realizados a los morteros, ensayados a 28 días, para la creación de bloques sustitutivos cuyo objetivo es la compatibilidad con las características químicas y mecánicas de los corales, con el principal objetivo de evitar un perjuicio a las fábricas en las edificaciones. Se toman como referencia los valores obtenidos a los ensayos realizados en los corales, derivado de la investigación de Dolores Pineda (Pineda Campos, 2005).

2. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Para la elaboración de las probetas de dimensiones de 160 mm x 40 mm x 40 mm se utilizó cal en pasta de diversos proveedores, con periodo de envejecimiento entre seis meses a cuatro años; en presentación en polvo con clave de acuerdo con la norma UNE-EN 459-1 (UNE-EN 459-1, 2016). Para el material árido se empleó de sílice en diámetros de 0,2 mm y 0,4 mm de la marca SODIRA; calcáreo de mina con diámetro 0,4 mm de la marca SODIRA y proveniente de la playa Cala Mundina, España, cribada a 0,4 mm (Tabla 1).

Tabla 1. Origen de los compuestos, denominación y ensayos realizados.

Marca y nombre de la materia prima	Clave CAL	Clave ARENA	Denominación compuesto	Ensayos realizado
Cal cálcica CALCASA. Arena 2 mm sílica SODIRA.	CL-90	A-0,2	CL-90 A-0,2	- Dureza Shore D - Resistencia a flexión - Resistencia a compresión - Densidad en estado endurecido - Absorción de agua por capilaridad
Cal cálcica CALCASA. Arena 4 mm sílica SODIRA.		A-0,4	CL-90 A-0,4	
Cal de Gordillos. Arena 4 mm sílica SODIRA.	CLG	A-0,4	CLG A-0,4	- Dureza Shore D - Resistencia a flexión - Resistencia a compresión - Densidad en estado endurecido - Absorción de agua por capilaridad
Cal de Gordillos. Arena Caliza, 4 mm SODIRA AF-0/4-T-C.		A-CLC	CLG A-CLC	
Cal de PROIESCON. Arena 4 mm sílica SODIRA.	CLPR	A-0,4	CLPR A-0,4	- Dureza Shore D - Resistencia a flexión - Resistencia a compresión - Densidad en estado endurecido - Absorción de agua por capilaridad
Cal de PROIESCON. Arena Caliza, 4 mm SODIRA AF-0/4-T-C.		A-CLC	CLPR A-CLC	
Cal de PROIESCON. Arena Cala Mundina, de playa.		A-CM	CLPR A-CM	
UNICMAL 80. Arena 4 mm sílica SODIRA.	CLU80	A-0,4	CLU80 A-0,4	- Dureza Shore D - Resistencia a flexión - Resistencia a compresión - Densidad en estado endurecido - Absorción de agua por capilaridad
UNICMAL 80. Arena Caliza, 4 mm SODIRA AF-0/4-T-C.		A-CLC	CLU80 A-CLC	
UNICMAL 80. Arena Cala Mundina, de playa.		A-CM	CLU80 A-CM	
UNICMAL 200. Arena A-0,4 SODIRA.	CLU200	A-0,4	CLU200 A-0,4	- Dureza Shore D - Resistencia a flexión - Resistencia a compresión - Densidad en estado endurecido - Absorción de agua por capilaridad
UNICMAL 200. Arena Caliza, 4 mm SODIRA AF-0/4-T-C.		A-CLC	CLU200 A-CLC	

2.2 Preparación de las probetas

Dado que no existe un procedimiento normativo específico para morteros con cal en pasta, esta investigación busca seguir, en la medida de lo posible, las metodologías establecidas en normas vigentes para otros compuestos, especialmente la UNE-EN 196-1 (UNE-EN 196-1, 2018). Esta norma indica las proporciones de materiales para preparar morteros de referencia (arena normalizada CEN, cemento y agua), y se utiliza como base para establecer un volumen equivalente de arena para otras mezclas. Para esto se mide el volumen de la arena CEN en una probeta de 500 ml, repitiendo el proceso al menos tres veces para promediar y marcar un nivel de referencia. Las arenas seleccionadas deben igualar este volumen para garantizar la comparabilidad. Luego, se pesa la cantidad de arena equivalente y se promedia su masa, dato que será usado para ajustar la relación agua/cal en los ensayos de consistencia. Como la cal en pasta ya contiene agua, no se aplica la relación agua/cementante, sino que se busca lograr un escurrimiento de 175 ± 10 mm según la UNE-EN-1015-2 (UNE-EN 1015-2, 1999) ajustando la masa de cal en pasta.

Para el amasado del mortero de cal en polvo y en pasta se sigue lo establecido en la UNE-EN-196-1 (UNE-EN 196-1, 2018), atendiendo a la misma se realiza el procedimiento para enmoldado de las probetas. Para el curado y conservación de las probetas se siguieron las indicaciones de la norma UNE-EN 1015-11 (UNE-EN 1015-11, 2020), que establece un desmoldeo a los 5 días y conservación en parrilla metálica por 23 días más, completando 28 días antes de realizar ensayos. Periodo que como se mencionó será presentado en este documento.

2.3 Plan experimental

Los siguientes ensayos físicos y mecánicos fueron realizados a las probetas: dureza Shore D, resistencia a flexión, resistencia a compresión, densidad en estado endurecido y absorción de agua por capilaridad.

2.3.1 *Dureza Shore D*

Se determina la dureza superficial de todas las mezclas. El ensayo se ejecuta sobre las dos caras longitudinales laterales de la probeta prismática de 4 cm x 4 cm x 16 cm. Se utiliza un durómetro para medir la Dureza Shore D de las probetas, aplicando la fuerza en al menos tres puntos ubicados a ¼ de su longitud y a 20 mm de los extremos (Figura 1). Luego, se calcula la media aritmética de las mediciones, descartando los valores que no estén entre el 0,9 y el 1,1 de dicha media.



Figura 1. Determinación de la dureza por medio de durómetro Shore D.

2.3.2 *Resistencia a flexión*

Para determinar el valor de rotura máximo a flexión de cada una de las mezclas propuestas, se utiliza el ensayo de flexión especificado en la norma UNE-EN 1015-11 (UNE-EN 1015-11, 2020). Cada una de las probetas prismáticas se coloca en el equipo de trabajo Autotest 200-10SW de Ibertest, una de sus caras laterales se debe apoyar sobre los rodillos inferiores (cuyos centros están separados 100 mm) (Figura 2). La carga es aplicada mediante un rodillo superior al centro de la probeta, hasta que se produce la rotura a continuación, se anota la carga máxima en unidades Newton. La resistencia a flexión viene dada por la expresión:

$$f = 1{,}5\frac{F\,x\,l}{b\,x\,d^2} \qquad (1)$$

donde,

f: es la resistencia a flexión en N/mm^2;

F: es la carga máxima aplicada a la probeta, en newtons (N);

l: es la distancia entre los rodillos de apoyo, en milímetros (mm);

b: es el ancho de la probeta, en milímetros (mm);

d: es la profundidad de la probeta, en milímetros (mm).



Figura 2. Ensayo de resistencia a flexión mediante equipo Autotest de Ibertest.

2.3.3 *Resistencia a compresión*

Se determina la resistencia máxima a compresión según UNE-EN 1015-11 (UNE-EN 1015-11, 2020), usando el equipo Autotest 200-10SW de Ibertest. Para ello, se emplea una de las mitades obtenidas en el ensayo de flexión, colocándola con sus caras laterales entre dos platos de acero de sección 40 × 40 mm (Figura 3), y se aplica carga hasta su rotura, anotándose el valor máximo en Newtons. La resistencia a compresión viene dada por la expresión:

$$R_c = F_c / 1600 \qquad (2)$$

donde,

R_c: es la resistencia a compresión en N/mm^2.

F_c: es la carga máxima soportada, en newtons (N).

1600: es el área de la sección transversal de la placa de apoyo, en mm^2.

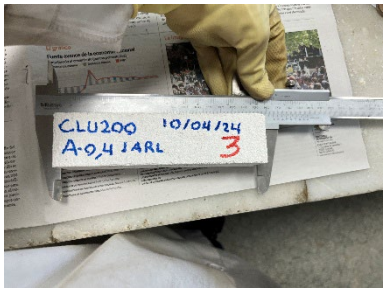


Figura 3. Ensayo de resistencia a compresión mediante equipo Autotest de Ibertest.

2.3.4 *Densidad en estado endurecido*

Se determina mediante el ensayo de relación masa y volumen de acuerdo con la UNE-EN 1015-10 (UNE-EN 1015-10, 2000). La densidad aparente en seco (kg/m^3) de cada probeta de mortero se calcula dividiendo la masa de la probeta secada en estufa (kg), por el volumen (m^3) de la probeta del mortero endurecido (Figuras 4 y 5).





Figuras 4 y 5. Pesado de probeta después de secado y dimensionado.

2.3.5 *Absorción de agua por capilaridad*

El ensayo se realiza con base en la norma UNE-EN 1015-18 (UNE-EN 1015-18, 2003). Las probetas se colocan en una bandeja con las superficies de rotura hacia abajo, sumergidas en agua entre 5 y 10 mm sin tocar el fondo (Figura 6). Se inclinan para evitar burbujas de aire. Siguiendo la normativa y el criterio para morteros no destinados a renovación, se retiran tras 10 minutos, se secan superficialmente y se pesan (M1). Luego, se repite el procedimiento a los 90 minutos y se realiza una segunda pesada (M2). El coeficiente de absorción de agua se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$C = 0{,}1(M2 - M1)kg/(m^2\ min^{0{,}5}) \qquad (5)$$

donde,

M1: es la masa de la probeta después de una inmersión durante 10 min, en gramos (g);

M2: es la masa de la probeta después de una inmersión durante 90 min, en gramos (g);

C: es el coeficiente de absorción de agua de una probeta individual de mortero, [kg/(m^2 · min^{0,5})] (para morteros distintos a los de renovación).

El valor medio del coeficiente de absorción de agua (*C*m) se calcula a partir de los valores individuales con una aproximación 0,1 kg/(m^2 · min^{0,5}).



Figura 6. Ensayo para determinar el coeficiente de absorción de agua.

3. RESULTADOS

3.1 Dureza shore D

A continuación, en la Figura 7 se presentan los resultados de dureza Shore D obtenidos al término de los 28 días, una vez finalizado el ensayo.

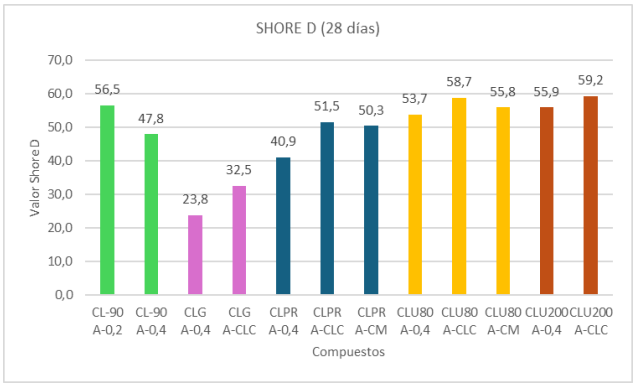


Figura 7. Resultados promedio posteriores al ensayo de dureza Shore D a 28 días.

Los compuestos con arena de tipo calcárea presentaron los valores de dureza más altos en comparación con los elaborados con arena de sílice. Con relación a los compuestos elaborados con cal en presentación en polvo (CL-90), donde ambos fueron mezclados con arena de sílice se observa para el compuesto CL-90 A-0,2 un valor promedio equiparable a los obtenidos en los compuestos con arena de tipo calcáreo.

3.2 Resistencia a flexión

En la Figura 8 se observa el resultado medio de los valores obtenidos en el ensayo a flexión realizado a los diversos compuestos de acuerdo con lo mencionado en el apartado 2.3.2 de este documento. Los valores se contrastan con el resultado promedio de la resistencia a flexión obtenida en el estudio de Dolores Pineda, 2005, representado por la línea horizontal.

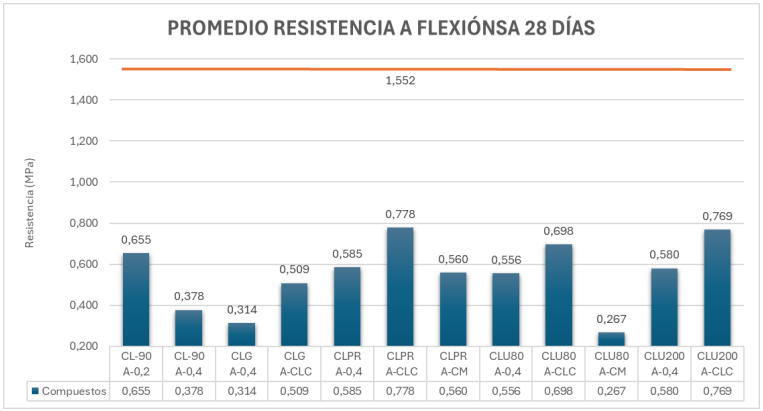


Figura 8. Resultados promedio posteriores al ensayo a flexión a 28 días en comparación con el valor medio resultado de los ensayos a flexión en los corales (línea naranja).

Se logra observar que los valores más altos corresponden a los compuestos integrados con la arena A-CLC en cada uno de los grupos de cales. Por otra parte, con relación a los compuestos elaborados con arena de sílice la mayor resistencia se logra con la arena de 0,2 mm (A-0,2) obteniendo un valor medio en el orden los 0,600 MPa a 0,700 MPa dentro del rango de lo obtenido por la arena A-CLC. En contraste con el valor medio obtenido en los corales se observa que los resultados de los compuesto CLPR A-CLC y CLU200 A-CLC se encuentran por encima del 50%, mientras que los demás compuestos en su mayoría se encuentran por encima del 30% o por alcanzarlo. En comparación con el promedio obtenido en los corales (1,552 MPa), el valor más alto resultante del ensayo a 28 días es para el compuesto CLPR A-CLC siendo el 50,13% del valor de los corales.

3.3 Resistencia a compresión

Los valores obtenidos posterior al ensayo ejecutado de acuerdo con lo indicado en la norma UNE-EN 1015-11 (UNE-EN 1015-11, 2020) para resistencia a compresión se presentan en la Figura 9. Al igual que en la Figura 8 se compara el valor promedio obtenido por Dolores Pineda, 2005 contra el ensayo correspondiente a compresión a 28 días de los compuestos.

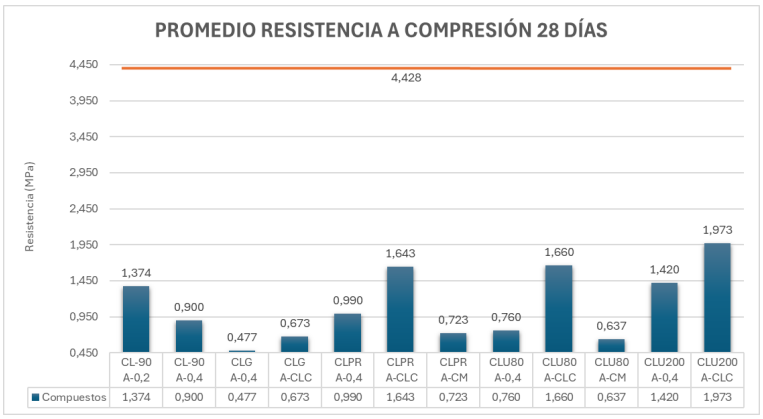


Figura 9. Resultados promedio posteriores al ensayo a compresión a 28 días en comparación con el valor medio resultado de los ensayos a compresión en los corales (línea naranja).

Derivado del ensayo se identifica que en los compuestos se destaca la mayor resistencia asociada al uso de la arena de origen calcáreo (A-CLC) con las diferentes cales empleadas. En cuanto a los compuestos elaborados con cal CL-90 la mayor resistencia se obtiene de la mezcla con arena A-0,2 con una notable diferencia del 34,50%. Comparando los valores promedio obtenidos en los morteros y de los corales el compuesto CLU200 A-CLC ha alcanzado un valor del 44,56% siendo el más alto, mientras que las mezclas CLPR A-CLC y CLU80 A-CLC han superado el 37%. Como resultado al contrastar el valor promedio de los corales (4,428 MPa) contra la media del compuesto con mayor resistencia, se observa que CLU200 A-CLC es el compuesto con mejor comportamiento ante las solicitudes de esfuerzos a compresión a 28 días.

3.4 Densidad en estado endurecido

En la Figura 10 se muestran los valores promedio de la densidad en estado endurecido obtenidos posteriormente a la toma de dimensiones y peso de las probetas a la edad de 28 días. Al igual que en los dos ensayos anteriores se representa con una línea horizontal el valor medio de lo obtenido por Dolores Pineda, 2005 en su investigación a los corales.

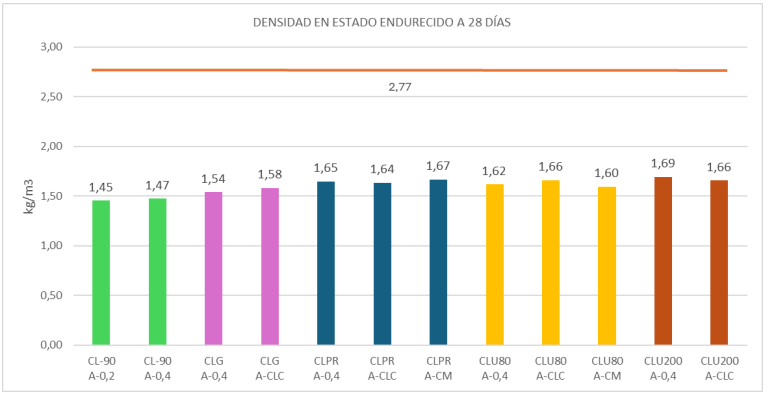
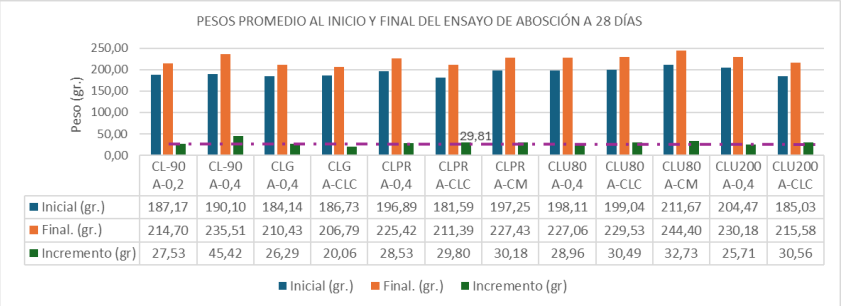


Figura 10. Resultados promedio posteriores al ensayo a compresión a 28 días en comparación con el valor medio resultado de los ensayos en corales (línea naranja).

A través del gráfico quedan reflejados los valores promedio de la densidad, siendo consistentes entre los grupos de compuestos regidos por el tipo de cal empleada, con una diferencia máxima de 0,24 kg/m^3 entre los valores mínimos y máximos. El compuesto con arena de sílice CLU200 A-0,4 ha alcanzado un 61% del valor medio de la densidad de los corales, seguido por el compuesto con arena calcárea de playa CLPR A-CLM con el 60,29%.

3.5 Absorción de agua por capilaridad

En la Figura 11 se presentan los resultados obtenidos después de realizar el ensayo de absorción de agua por capilaridad. Con una línea horizontal punteada se representa el valor promedio de absorción de los corales, obtenido por Dolores Pineda, 2005.



	CL-90 A-0,2	CL-90 A-0,4	CLG A-0,4	CLG A-CLC	CLPR A-0,4	CLPR A-CLC	CLPR A-CM	CLU80 A-0,4	CLU80 A-CLC	CLU80 A-CM	CLU200 A-0,4	CLU200 A-CLC
Inicial (gr.)	187,17	190,10	184,14	186,73	196,89	181,59	197,25	198,11	199,04	211,67	204,47	185,03
Final. (gr.)	214,70	235,51	210,43	206,79	225,42	211,39	227,43	227,06	229,53	244,40	230,18	215,58
Incremento (gr)	27,53	45,42	26,29	20,06	28,53	29,80	30,18	28,96	30,49	32,73	25,71	30,56

Figura 11. Pesos promedio en seco y al final de la prueba de absorción por capilaridad a 28 días en comparación con el valor medio de absorción resultado de los ensayos en corales (línea discontinua).

De los resultados obtenidos para las arenas de sílice (A-0,2 y A-0,4) existe una absorción promedio del orden del 13,53%; para la arena calcárea de mina A-CLC se encuentra dentro del 13,85% cuyo valor se obtuvo descartando el correspondiente al compuesto CLG A-CLC por quedar fuera del rango de valores; en cuanto a la arena A-CM el porcentaje promedio de absorción es del 13,33%. Cabe mencionar que el compuesto con menor absorción corresponde a CLG A-CLC con un incremento del 9,7%; en lo que corresponde al compuesto con mayor absorción destaca CL-90 A-0,4 con una absorción del 19,3%, seguido por el compuesto CLU80 A-CM con 13,4%. Contrastando los valores promedio del incremento de peso por absorción, resultantes de los ensayos a los diversos compuestos, contra el valor promedio obtenido en los corales ensayados por Dolores Pineda se observa congruencia entre ellos, siendo el compuesto CLPR A-CLC el del valor más cercano.

CONCLUSIONES

Los resultados de los compuestos ensayados a 28 días han presentado comportamientos favorables en contraste con los resultados obtenidos en los corales, lo que con ensayos subsecuentes a compuestos de mayor edad podrían estar alcanzando los valores promedio del material madrepórico.

Hasta el momento los compuestos que presentan un mejor comportamiento con relación a dureza Shore D son aquellos con arena calcárea (A-CLC), a excepción del compuesto CLG A-CLC cuyo valor se encuentra por debajo de los demás que emplean el mismo árido. Para los ensayos sometidos a acciones mecánicas como flexión el compuesto CLPR A-CLC obtiene la mayor resistencia, mientras que para el caso de compresión se obtuvo que CLU200 A-CLC obtiene un valor promedio por arriba de los 0,300 MPa en comparación con los compuestos CLPR A-CLC y CLU80 A-CLC cuya diferencia entre ellos es de 0,017 MPa siendo valores más consistentes. En el caso de la densidad en estado endurecido se logra apreciar un comportamiento uniforme de los valores entre los diferentes compuestos, así como también, para el caso de absorción por capilaridad, destacando nuevamente el caso del árido A-CLC con valores muy cercanos a lo obtenido en los corales, a excepción del compuesto CLG A-CLC que presenta el menor valor de absorción de todos los compuestos.

Se puede concluir que el mejor comportamiento en los ensayos a 28 días es atribuible a los compuestos que se forman a partir del árido calcáreo de mina A-CLC, con una mejor respuesta en composición con la cal CLPR por reaccionar ante las solicitaciones de los ensayos dentro de los valores de los demás compuestos sin estar por encima o debajo. Lo antes dicho se espera comprobar con los ensayos posteriores a mayor edad de las probetas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cortés Hernández, J. (2009). La Villa Rica de la Vera Cruz, espacio y tiempo. In P. Caro Sánchez & D. Nahmad Molinari (Eds.), *REVISTA OLLIN* (pp. 43–50). Centro INAH Veracruz.

Decreto, por el que se declara área natural protegida con el carácter de Parque Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, con superficie de 52,238-91-50 hectáreas. (1992). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_decretos/135_decreto.pdf

Decreto, que modifica al diverso por el que se declara Area Natural Protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, publicado los días 24 y 25 de agosto de 1992. 1 (2012). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_decreto_mod/15_135_decreto-mod.pdf

Lanas, J., & Alvarez, J. I. (2006). Preparación y ensayos de morteros de cal de nueva factura para su empleo en restauración del patrimonio. In *V Jornada "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio"* (p. 13). https://www.researchgate.net/publication/273113918_PREPARACION_Y_ENSAYOS_DE_MORTEROS_DE_CAL_DE_NUEVA_FACTURA_PARA_SU_EMPLEO_EN_RESTAURACION_DEL_PATRIMONIO

Martínez Aguilar, G. (2020). *Las técnicas constructivas de las fortificaciones en el siglo XVIII. Factores determinantes en la transformación tecnológica de la arquitectura militar de Veracruz.* [Universidad Nacional Autónoma de México]. https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000803939

Melgarejo Vivanco, J. L. (1960). *Breve Historia de Veracruz* (Facultad de Filosofía y Letras, Ed.). Universidad Veracruzana.

Pineda Campos, D. (2005). *Investigación de los materiales coralinos utilizados en la construcción y restauración de la Fortaleza de San Juan de Ulúa, Veracruz, México, para su conservación* (Primera). Editorial de la UPV.

Prado Núñez, R. I., & Hernández Hernández, A. I. (2015). *La piedra múcara en el sistema arrecifal del puerto de veracruz*. https://phi.aq.upm.es/site_media/media/files/La_Piedra_M%C3%BAcara_en_el_Sistema_Arrecifal_Veracruzano_-_Alberto_Hern%C3%A1ndez.pdf

Priego Medina, C. de los Á. (2022). La Veracruz amurallada del siglo XVIII. In M. Flores Román & Do. Pineda Campos (Eds.), *Caminería Histórica Novohispana y Rutas Militares* (Primera, pp. 39–54). Universidad de Xalapa A.C.

Priego Medina, C. de los Á. (2023). Trazado y evolución urbana de la nueva ciudad de Veracruz, siglos XVII al XIX. In R. Arboleyda Castro (Ed.), *VERACRUZ 500 años de cara al mundo a través del mar* (Primera, pp. 97–112). Secretaría de Cultura - Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Programa de Manejo Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, 1 (2017). https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/135_libro_pm.pdf

Rodríguez Herrero, H. (2013). *Una ciudad hecha de mar* (J. H. Hernández Alvarado, Ed.; IVEC). Instituto Veracruzano de la Cultura.

UNE-EN 196-1, Métodos de ensayo de cementos Parte 1: Determinación de resistencias (2018).

UNE-EN 459-1, Cales para la construcción Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad (2016).

UNE-EN 1015-2, Métodos de ensayo de los morteros para albañilería Parte 2: Toma de muestra total de morteros y preparación de los morteros para ensayo (1999).

UNE-EN 1015-10, Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 10: Determinación de la densidad aparente en seco del mortero endurecido 8 (2000).

UNE-EN 1015-11, Métodos de ensayo de los morteros para albañilería Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido 12 (2020).

UNE-EN 1015-18, Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 18: Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad del mortero endurecido (2003).

PROYECTO INTERUNIVERSITARIO ENTRE LAS UNIVERSIDADES DE LA HABANA, MILÁN Y ALICANTE COMO ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE EN ESTUDIOS DE DOCTORADO

INTERUNIVERSITY PROYECT BETWEEN THE UNIVERSITIES OF HAVANA, MILAN, AND ALICANTE AS A LEARNING STRATEGY IN DOCTORAL STUDIES

Antonio Jiménez-Delgado[(1)], María Cristina Giambruno[(2)], Laura Pogliani[(3)], Manuel Jesús Carretero Ayuso[(4)]

[1] Universidad de Alicante, Alicante, España, antonio.jimenez@ua.es
[2] Politecnico di Milano, Milano, Italia. mariacristina.giambruno@polimi.it
[3] Politecnico di Milano, Milano, Italia. laura.pogliani@polimi.it
[4] Universidad de Extremadura, Cáceres, España, mjcarretero@unex.es

RESUMEN

Los/as estudiantes universitarios/as en general se enriquecen académicamente de forma muy singular cuando participan en un proyecto de carácter multidisciplinar, interdisciplinar y además interuniversitario. Dicho "aprendizaje significativo" supone establecer una buena base de conocimiento en los diferentes niveles universitarios y en especial en los estudios de doctorado. La presente contribución analiza una experiencia concreta entorno a un proyecto académico de docencia e investigación desarrollado en la ciudad de La Habana, en el cual han participado estudiantes de doctorado de las universidades de La Habana, Milán y Alicante. Dicho proyecto ha focalizado su trabajo en el contexto de la ciudad de La Habana y la Bahía con la participación de las áreas de conocimiento de sociología, construcciones arquitectónicas, urbanismo, turismo y conservación del patrimonio.

Con la realización de dos actividades complementarias realizadas en los meses de febrero y marzo de 2025, los estudiantes de doctorado han podido diseñar y desarrollar labores de investigación en trabajo de campo: la primera denominada "Habitar la Ciudad de La Habana. Salud, bienestar y sostenibilidad" y la segunda "Sosteniendo la Bahía: estrategias colaborativas para la preservación y el desarrollo urbano en La Habana".

Como resultado de las actividades realizadas se han definido problemáticas de índole común en las diferentes ciudades de las universidades participantes de modo que bajo la denominación "Ciudades de Contraste" el proyecto interuniversitario abre una vía de colaboración entre profesores y estudiantes en la investigación de problemas actuales compartidos.

Palabras clave: *proyectos interuniversitarios, ciudad sostenible, patrimonio, bienestar y ciudades de contraste.*

ABSTRACT

University students, in general, benefit academically in a unique way when they participate in a multidisciplinary, interdisciplinary, and interuniversity project. This "meaningful learning" involves establishing a solid knowledge base at different university levels, especially in doctoral studies. This contribution analyzes a specific experience surrounding an academic teaching and research project developed in Havana, in which doctoral students from the universities of Havana, Milan, and Alicante participated. This project focused its work on the context of Havana and the Bay, with the participation of the knowledge areas of sociology, architectural construction, urban planning, tourism, and heritage conservation.

Through two complementary activities carried out in February and March 2025, doctoral students were able to design and develop fieldwork research projects: the first entitled "Inhabiting the City of Havana:

Health, Well-being, and Sustainability" and the second "Sustaining the Bay: Collaborative Strategies for Preservation and Urban Development in Havana."

As a result of the activities, common problems have been identified in the different cities of the participating universities. Under the name "Cities of Contrast," the interuniversity project opens a path for collaboration between professors and students in the research of shared current problems.

Keywords: *interuniversity projects, sustainable city, heritage, well-being, and cities of contrast.*

1. INTRODUCCIÓN

Los/as estudiantes universitarios/as en general se enriquecen académicamente de forma muy singular cuando participan en un proyecto de carácter multidisciplinar, interdisciplinar y además interuniversitario. Dicho "aprendizaje significativo" supone establecer una buena base de conocimiento en los diferentes niveles universitarios y en especial en los estudios de doctorado. La presente contribución analiza una experiencia concreta entorno a un proyecto académico de docencia e investigación desarrollado en la ciudad de La Habana, en el cual han participado estudiantes de doctorado de las universidades de La Habana, Milán y Alicante. Dicho proyecto ha focalizado su trabajo en el contexto de la ciudad de La Habana y la Bahía con la participación de las áreas de conocimiento de sociología, construcciones arquitectónicas, urbanismo, turismo y conservación del patrimonio.

Con la realización de dos actividades complementarias realizadas en los meses de febrero y marzo de 2025, los estudiantes de doctorado han podido diseñar y desarrollar labores de investigación en trabajo de campo: la primera denominada "Habitar la Ciudad de La Habana. Salud, bienestar y sostenibilidad" y la segunda "Sosteniendo la Bahía: estrategias colaborativas para la preservación y el desarrollo urbano en La Habana". Dicho proyecto ha supuesto el conocimiento directo de problemáticas concretas, cuya observación ha de realizarse in situ y con un profundo conocimiento multidisciplinar del espacio urbano a estudiar. Como resultado de las actividades realizadas, se han definido problemáticas de índole común en las diferentes ciudades de las universidades participantes, de modo que bajo la denominación "Ciudades de Contraste" el proyecto interuniversitario abre una vía de colaboración entre profesores y estudiantes en la investigación de problemas actuales compartidos.

Este proyecto se desarrolla en La Habana Vieja y La Bahía, las zonas más antiguas de la capital cubana, condición que ofrece una alta relevancia a solucionar de manera urgente los problemas de habitabilidad de la vivienda existente e infraestructuras. Es por este motivo que el proyecto se realiza en esta área. Además, se inserta dentro de las estrategias que promueve la Universidad de la Habana, Colegio San Gerónimo, con el interés específico de trabajar para mejorar la habitabilidad del centro histórico de la ciudad, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, y aumentar la calidad de vida de su comunidad.

La ciudad de La Habana ha conservado su centro histórico en condiciones singulares. Un importante crecimiento demográfico de más de un millón de habitantes en el periodo comprendido entre 1919 y el inicio de la década de 1960 condicionó el desarrollo de la urbe. El estado actual de La Habana Vieja es, en gran medida, el resultado de políticas diseñadas bajo el paraguas de la Oficina del Historiador, contando actualmente con aproximadamente 83.000 habitantes.

Con el progresivo abandono de los inmuebles, la falta de mantenimiento y los efectos devastadores de los huracanes del Caribe, La Habana Vieja ya se había convertido a finales de los 80 en un espacio frágil y vulnerable, amenazando ruina. Caracterizada por una alta población de bajos ingresos, se detectaron además otros problemas como la baja calidad de las viviendas, la falta de accesibilidad y de equipamientos urbanos, el hacinamiento, y la pérdida del patrimonio arquitectónico y urbano del conjunto.

Basándose en el aumento de la identidad cultural de los residentes con su entorno, en las posibilidades económicas que puede brindar el Patrimonio Cultural y en un necesario crecimiento de la economía local, se definieron las estrategias de acción del Plan Maestro de La Habana Vieja encaminadas a mejorar la calidad de vida de los residentes y a atraer un turismo de calidad. Se diversificaron las responsabilidades organizando varias empresas amparadas bajo el paraguas de la OHCH (Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana) para asegurar una fuente de ingresos continua que permitiera llevar a término las tareas encomendadas. Así, el proyecto se ha ido nutriendo de las actividades económicas que se han concedido en su ámbito cultural, turístico, comercial e inmobiliario (hoteles, restaurantes, museos, etc.).

Los ingresos generados por estas iniciativas se reinvierten en continuar las tareas rehabilitadoras, cuyo principal soporte lo constituye el conjunto de viviendas y también en mejorar la situación social de todo el entorno. Este sistema, que genera financiación por medios propios, ha resultado altamente eficiente, pues no sólo se va avanzando en la revitalización del centro histórico, sino que también ha generado posibles proyectos de atención social para grupos vulnerables como personas mayores o población infantil o juvenil.

El Plan Maestro ha tenido desde el principio una visión integral del conjunto. Con el cometido de desarrollar el Plan Maestro para La Habana Vieja, se superó la idea de que la responsabilidad de un adecuado manejo del centro histórico era solo tarea de arquitectos, historiadores o arqueólogos. Relaciones sociales, participación ciudadana, gestión cultural y oferta educativa son pilares integrantes de este gran equipo. Ello tiene la ventaja de contar con unos lineamientos comunes y evita la habitual falta de comunicación y estrategias entre las diversas instituciones encargadas de la preservación de su patrimonio cultural.

En la actualidad, las condiciones de habitabilidad de las viviendas en los edificios de La Habana Vieja se ven afectadas por múltiples factores que requieren ser mejorados para un adecuado desarrollo de la ciudad. El hacinamiento en las viviendas es, a priori, el problema principal detectado, fruto del crecimiento demográfico significativo experimentado en las últimas décadas y la insuficiente respuesta a la necesidad de nuevas viviendas en áreas compatibles. El problema del hacinamiento en la vivienda deriva en una falta de privacidad entre la vecindad y las propias familias, exceso de ruidos, problemas para descansar y/o dormir en condiciones adecuadas y otras modificaciones sustanciales de los espacios que originan una inadecuada ventilación y renovación del aire. A todo ello se le suma una tensión adicional fruto de las necesidades surgidas por el desarrollo del turismo, actividad económica vital en el contexto de la ciudad y de los intereses globales en Cuba.

En este contexto y dando continuidad al Plan Maestro, se ha planteado el presente proyecto para contribuir a mejorar la habitabilidad de la vivienda en su entorno urbano y favorecer la integración social de las comunidades en la ciudad de La Habana, con el objetivo específico de obtener un diagnóstico de los principales problemas de habitabilidad de la vivienda en el entorno urbano patrimonial de La Habana Vieja, que proporcione conocimiento de la problemática real de habitar a la que se enfrentan las comunidades residentes y permita definir áreas prioritarias de intervención y estrategias de actuación con la finalidad de mejorar la salud, el bienestar y la sostenibilidad.

El proyecto tiene vocación de continuidad. En la primera convocatoria se presentó su fase inicial, que consiste en el análisis y diagnóstico de los problemas de habitabilidad de la vivienda prioritarios en La Habana Vieja ofreciendo posibles soluciones para su mejora. A esta fase inicial le seguirá una fase de investigación posterior, con la elaboración de un plan estratégico de mejora de la habitabilidad y de un manual básico dirigido a las comunidades residentes para identificar situaciones de emergencia y sus posibles soluciones. En cuanto al alcance del proyecto, éste podrá ampliarse en un futuro a otras áreas de la ciudad de La Habana (preferiblemente en los barrios más vulnerables).

2. OBJETIVOS

Se han definido los siguientes objetivos en la actividad académica que se expone:

- Contribuir a mejorar la habitabilidad de la vivienda en su entorno urbano y favorecer la integración social de las comunidades en la ciudad de La Habana.
- Estudiar, explorar y analizar la Bahía de La Habana para el posterior diagnóstico de diversas áreas estratégicas de la ciudad como Casa Blanca y Regla.
- Obtener un diagnóstico técnico de los principales problemas de habitabilidad de la vivienda en el entorno urbano patrimonial de La Habana Vieja (ciudad de La Habana), que permita conocer la problemática real de habitar a la que se enfrentan las comunidades residentes y definir áreas prioritarias de intervención y estrategias de actuación con la finalidad de mejorar la salud, el bienestar y la sostenibilidad.
- Llevar a cabo Investigación-Acción Participativa (IAP) con la población de la ciudad para conocer de primera mano su situación respecto a la habitabilidad, la salud y el bienestar, identificar sus principales necesidades y planificar propuestas para la mejora.
- Fomentar el trabajo interuniversitario, multidisciplinar e interdisciplinar en materia de investigación entre estudiantes de instituciones públicas en un contexto cultural concreto y distinto al de origen.

3. METODOLOGÍA

El proyecto en La Habana se ha desarrollado según la siguiente metodología:

3.1 Fase 1. COGNITIO

Fase de conocimiento.

En esta primera fase se estudia y analiza el contexto donde se desarrolla el proyecto desde un punto de vista multidisciplinar: histórico, sociológico, económico, artístico, arquitectónico, urbanístico, paisajístico, geológico, etc.

Preparación del proyecto. Diseño y formación de los equipos participantes.

Actividad 1. Recopilación de documentación.

Actividad 2. Trabajo multidisciplinar entre instituciones. Coordinadas por el Doctor Honoris Causa de la Universidad de Alicante, Dr. Arquitecto Daniel Taboada Espiniella.

Actividad 3. Elaboración del plan de trabajo en La Habana.

3.2 Fase 2. COGITATIO

Fase del "international workshop" (arquitectónico, artístico, cultural...).

Es esta segunda fase se desarrolla el proyecto, basado en el concepto y criterios definidos en la fase de conocimiento.

Trabajo de campo. Workshop en La Habana.

Actividad 1. Reunión de trabajo con los académicos del Colegio San Gerónimo.

Actividad 2. Reunión de trabajo con los técnicos de vivienda de la Oficina del Historiador.

Actividad 3. Trabajo con las comunidades identificadas como prioritarias.

Actividad 4. Análisis multidisciplinar de los resultados.

Actividad 5. Definición de las prioridades del plan estratégico de aplicación inmediata.

3.3 Fase 3. EDUCATIO

Fase cultural y educativa.

El proyecto AEDIFICATIO contempla como eje estratégico producir contenidos culturales y educativos que trasciendan al objeto construido dirigidos a los distintos niveles educativos y población en general. Esta última fase pretende generar dinámicas de participación y reflexión activas sobre los procesos públicos y privados de intervención.

Análisis, diagnóstico y propuesta de soluciones.

Actividad 1. Definición de los temas de trabajo según prioridades de los ODS

Actividad 2. Elaboración de manuales.

Actividad 3. Difusión del material física y digitalmente. Publicación por medios académicos (RUA y medios especializados en vivienda).

4. ANÁLISIS DE PARTICIPACIÓN Y DEL IMPACTO PREVISTO DEL PROYECTO

Desde una perspectiva multidisciplinar, destaca la importancia de abordar los problemas de habitabilidad desde una aproximación integral, que no solo considere las condiciones físicas de las viviendas, sino también los aspectos sociales y culturales que influyen en la vida de la ciudadanía. La Investigación Acción-Participativa (IAP) se erige como una metodología esencial en este proceso, ya que promueve la participación

activa de los individuos afectados por los problemas sociales en la identificación de los mismos, así como en la búsqueda de soluciones efectivas y sostenibles.

La colaboración entre la Sociología y la Arquitectura se presenta como una alianza estratégica que permite comprender la complejidad de los fenómenos urbanos desde múltiples perspectivas, integrando tanto el análisis de las estructuras físicas como las dinámicas sociales que las atraviesan. En este sentido, la IAP se erige como un enfoque metodológico que no solo busca comprender la realidad social, sino también transformarla de manera participativa y colaborativa.

El proyecto solidario que se propone para la ciudad de La Habana, enmarcado en el Plan Maestro y centrado en la mejora de la habitabilidad de la vivienda en el entorno urbano, reconoce la necesidad de incorporar la voz y la experiencia de las comunidades residentes en el proceso de diagnóstico y definición de estrategias de intervención. La IAP, al enfocarse en la colaboración entre investigadores y participantes locales, permite superar la visión tradicional de la investigación como un proceso unilateral y promueve la co-construcción de conocimiento basado en la experiencia práctica y cotidiana de quienes viven en las áreas objeto de estudio.

El objetivo de obtener un diagnóstico de los principales problemas de habitabilidad en el entorno urbano patrimonial de La Habana Vieja no solo apunta a identificar deficiencias físicas en las viviendas, sino también a comprender las dinámicas sociales y culturales que influyen en la calidad de vida de sus habitantes. La IAP facilita este proceso al involucrar a las comunidades en la identificación de sus propias necesidades, prioridades y aspiraciones, lo que permite definir áreas de intervención más pertinentes y estrategias de actuación más efectivas y sostenibles.

De esta manera, la utilización de la Investigación Acción-Participativa en el proyecto solidario propuesto para la ciudad de La Habana representa un enfoque innovador y efectivo para abordar los problemas de habitabilidad desde una perspectiva integral y participativa. Al integrar el conocimiento experto con la experiencia práctica de las comunidades, este enfoque contribuye a mejorar la salud, el bienestar y la sostenibilidad de los entornos urbanos, promoviendo así la integración social y el desarrollo humano en armonía con el patrimonio cultural y arquitectónico de la ciudad.

Así, los beneficiarios directos del presente proyecto han sido, en primer lugar, las comunidades de vecinos residentes en La Habana Vieja. Además, la posibilidad de concienciar y potenciar la sensibilización de la comunidad universitaria, con la participación en el proyecto de voluntariado solidario de docentes y estudiantado de las universidades implicadas, justifica por sí misma el interés de la propuesta, de manera que la formación académica del alumnado de grados y postgrados se complemente con una formación humanística que les capacite como individuos responsables y solidarios para afrontar los retos de nuestra sociedad. Igualmente se pone en valor la interdisciplinariedad y la participación interuniversitaria del proyecto. Los beneficiarios indirectos han sido, además, todos los ciudadanos de la ciudad de La Habana.

Se espera que este proyecto desvele los problemas reales de habitabilidad que los residentes consideran prioritarios, de entre los múltiples existentes, y que éste sea el primer paso para trabajar en soluciones posibles. Además, la propia metodología del proyecto, que incluye Investigación-Acción Participativa (IAP) con la población residente en La Habana Vieja, constituye un medio de concienciación social que hace visibles a los grupos más vulnerables al involucrarlos como participantes activos. Por ello, creemos que el impacto social que esperamos conseguir maximiza el rendimiento de los recursos propuestos.

Como se ha expuesto, los edificios destinados a viviendas en la ciudad de La Habana han sufrido el envejecimiento propio del paso del tiempo, acuciado por la influencia de un ambiente agresivo específico del área del Caribe, las modificaciones constructivas derivadas de nuevas necesidades y, en muchas ocasiones, una carencia de mantenimiento relevante. Además, concurre un aumento demográfico significativo en la Ciudad de La Habana, conservando su centro histórico en condiciones singulares, caracterizándose La Habana Vieja por una elevada densidad de población y una baja calidad de las viviendas. Todo ello hace que sea de singular importancia focalizar nuestro esfuerzo en el hecho de “habitar” de forma saludable, con bienestar y sostenibilidad, evitando además la pérdida de un irremplazable patrimonio, no sólo arquitectónico sino también urbano, siendo las infraestructuras y equipamientos elementos estratégicos para dar respuesta a la nueva población de las últimas décadas.

Además, los principales aspectos que caracterizarán a las y los profesionales de gestión del patrimonio en los próximos años, a los que la educación universitaria debe dar respuesta, se basan en la especialización y

una mejor comprensión y control de los avances técnicos en el ámbito del patrimonio, siendo también indispensable la participación activa en equipos multidisciplinares. Por todo ello, es necesario desarrollar nuevas prácticas educativas que mejoren la capacidad de análisis del estudiante y la puesta en práctica de sus conocimientos técnicos para resolver problemas en proyectos arquitectónicos de patrimonio. También, es esencial responder de un modo efectivo a las demandas sociales y requerimientos técnicos, promoviendo el estudio de la arquitectura y el urbanismo tradicional de una manera compatible con el análisis del conocimiento, control y crítica de los sistemas de construcción y urbanización. En este contexto y con este propósito se diseña, motiva y justifica la idoneidad y pertinencia del presente proyecto.

Esta propuesta para mejorar la habitabilidad de la vivienda en el entorno urbano de La Habana Vieja se relaciona estrechamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas. A continuación, se detallan algunas de las conexiones más relevantes tal y como se solicita en la convocatoria:

ODS 1: Fin de la pobreza: Mejorar la calidad de las viviendas y los entornos urbanos contribuye a reducir la pobreza y a mejorar las condiciones de vida de las comunidades más desfavorecidas.

ODS 3: Salud y bienestar: La mejora de la habitabilidad de las viviendas tiene un impacto directo en la salud y el bienestar de sus habitantes, al reducir la exposición a condiciones insalubres y promover entornos seguros y saludables.

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles: El proyecto busca contribuir a la creación de entornos urbanos más inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, al mejorar la calidad de vida de las comunidades urbanas y promover la integración social.

ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas: Al involucrar a las comunidades en el proceso de identificación de problemas y definición de estrategias de intervención, el proyecto promueve la participación ciudadana, la gobernanza inclusiva y el fortalecimiento de las instituciones locales.

ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos: La colaboración entre diferentes actores, como sociólogos, arquitectos, comunidades locales, organizaciones de la sociedad civil y autoridades gubernamentales, es fundamental para el éxito del proyecto, demostrando la importancia de las alianzas multisectoriales para abordar desafíos complejos de desarrollo urbano.

Estas conexiones muestran cómo el proyecto propuesto no solo contribuye a alcanzar metas específicas dentro de estos ODS, sino que también aborda de manera integral múltiples aspectos del desarrollo sostenible, desde la reducción de la pobreza hasta la promoción de la salud, la inclusión social y la sostenibilidad urbana.

5. RESULTADOS

Se han obtenido los siguientes resultados:

Resultado 1. Se ha diseñado una metodología desde el ámbito de la sociología, la construcción arquitectónica y el urbanismo, que sirve como elemento estratégico de las futuras intervenciones en las próximas décadas en La Habana Vieja, teniendo presente los Objetivos de Desarrollo Sostenibles que marca la agenda 2030.
Resultado 2. Se han formado al menos a 28 estudiantes (estudiantes de cada una de las universidades participantes en el proyecto: Universidad de Alicante, Universidad de La Habana y Politecnico di Milano), en la temática, metodología y herramientas del proyecto solidario.
Resultado 3. Se ha identificado los principales problemas de habitabilidad de la vivienda en el entorno urbano patrimonial de La Habana Vieja y su prioridad.
Resultado 4. Se ha obtenido un diagnóstico de la problemática real de habitar a la que se enfrentan las comunidades residentes en La Habana Vieja que permite definir las áreas prioritarias de intervención y las estrategias de actuación.
Resultado 5. Se ha realizado una publicación sobre el diagnóstico elaborado y difundido el proyecto solidario entre la comunidad universitaria y la sociedad en general.
Resultado 6. Se ha glosado las acciones desarrolladas por el Plan Maestro de la Habana realizado por la Oficina del Historiador.
Resultado 7. Se ha ofrecido un plan de investigación de los múltiples aspectos a diagnosticar con un diseño de desarrollo de tesis doctorales en co-tutela con la Universidad de La Habana, estableciendo así vínculos entre ambos países, entre las dos instituciones universitarias y entre estudiantes y profesorado. A ello se le

une la participación de la universidad italiana, Politecnico di Milano, que es un referente en materia de ciudades patrimoniales.
Resultado 8. Se ha realizado Investigación-Acción Participativa (IAP) con la población residente en La Habana Vieja, con las limitaciones propias del contexto y el tiempo disponible. La IAP enlaza de forma directa con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), coincidiendo con uno de los fines de la convocatoria.
Resultado 9. (Resultado aplazado para el siguiente proyecto solidario dada la limitación presupuestaria asignada) Crear un "grupo motor"que trabaje los ejes estructurales del proyecto (habitabilidad, salud bienestar y sostenibilidad) de manera continuada en el tiempo, con la finalidad de generar dinámicas participativas que continúen una vez finalizado el acompañamiento por parte de las y los miembros del proyecto.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones han sido redactadas por cada uno de los grupos participantes de las universidades de Alicante, Milán y La Habana, complementándose e incidiendo en aquellos aspectos relevantes del proyecto interuniversitario.



Figura 1. Investigadores de la UA en el Convento de Santa Clara, La Habana (izquierda) y exposición sobre el profesor Taboada (derecha). Elaboración propia.

6.1 Conclusiones del grupo de la Universidad de Alicante

Investigadores de la Universidad de Alicante y de la Universidad de La Habana han colaborado en un proyecto para analizar la habitabilidad urbana y proponer estrategias de intervención sostenible en La Habana Vieja, diagnosticando las condiciones de vivienda en entornos patrimoniales, con el objetivo de fomentar una gestión urbana integral, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Los profesores Antonio Jiménez Delgado, Diana Jareño Ruiz, Raquel Pérez del Hoyo y Joaquín López Davó, junto con los doctorandos Francisco Javier Jiménez Loaisa y Jorge Abellán Ramos y la estudiante de grado Lucía Hernández Ruiz, miembros de los grupos de investigación AEDIFICATIO (Departamento de Edificación y Urbanismo) y GIS-UA (Departamento de Sociología I), participan en el proyecto Habitar la Ciudad de la Habana: Salud, Bienestar y Sostenibilidad.

Esta iniciativa, resultado de la cooperación entre la UA y la Universidad de La Habana, ha contado además con la colaboración de la Oficina del Historiador de la Ciudad, el Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana y el Politecnico di Milano y su objeto de estudio se halla en la intersección entre la arquitectura y la sociología.

Durante su estancia en La Habana, los investigadores de la UA y de la UH establecieron líneas de trabajo conjuntas con el proyecto Ciudades de Contraste, que conecta La Habana, Milán y Alicante.

Además, el equipo realizó visitas a proyectos de intervención social, como viviendas sociales, escuelas y centros para la tercera edad. Estas actividades han permitido un análisis interdisciplinar que integró la perspectiva arquitectónica con el estudio sociológico de las comunidades locales.

Diana Jareño, socióloga de la Universidad de Alicante, resalta "la importancia de reforzar en estos trabajos los estudios sobre población y condiciones sociales de los lugares analizados, con el fin de lograr una gestión

integral, que permita desarrollar procesos que atiendan las necesidades de los territorios y de las comunidades que los habitan".

En el ámbito académico, los doctorandos Jorge Abellán Ramos y Francisco Javier Jiménez Loaisa han compartido avances de sus investigaciones, explorando el impacto de la inteligencia artificial en la gestión del patrimonio y la importancia del análisis social en los proyectos urbanos.

La colaboración con la Oficina del Historiador permitió la donación de sensores de medición ambiental por parte del arquitecto técnico Joaquín López Davó, con el objetivo de contribuir a la evaluación y conservación de los espacios urbanos en La Habana Vieja.

Este proyecto fortalece la cooperación interuniversitaria y reafirma el compromiso de la Universidad de Alicante con la investigación aplicada a la mejora de la habitabilidad en entornos urbanos históricos.

"La sinergia entre la sociología y la arquitectura, así como la colaboración entre la Universidad de La Habana, la Oficina del Historiador, la Universidad de Alicante y el Politecnico di Milano, sienta las bases para futuras investigaciones y estrategias de desarrollo sostenible en ciudades patrimoniales", destacan desde el equipo investigador.

Por último, concluir que la exposición fotográfica, en homenaje al arquitecto Daniel Taboada Espiniella e instalada en el Centro de Restauración y Diseño -REDI- de La Habana, ha servido como eje vertebrador a las actividades realizadas. En este encuentro se destacaron los valiosos aportes de Taboada al rescate de la arquitectura, así como su contribución en la formación de nuevas generaciones. Esta exposición itinerante ha permanecido en La Habana durante un mes, para posteriormente ser presentada en Alicante, España, y en la ciudad de Milán, Italia.



Figura 2. Investigadores del Politecnico di Milano en el Convento de Santa Clara (izquierda) y en el Colegio de San Gerónimo (derecha). Elaboración propia.

6.2 Conclusiones del grupo del Politecnico di Milano

UNA EXPERIENCIA EDUCATIVA PARA ESTUDIANTES DE DOCTORADO DEL POLITECNICO DI MILÁN

Desde hace algunos años, el Departamento de Arquitectura y Estudios Urbanos (DAStU) del Politécnico de Milán apoya actividades de investigación y formación relativas a territorios complejos, desde el punto de vista espacial, social y económico, que involucran también las iniciativas desarrolladas por los cursos de Doctorado.

En el año académico 2024-2025 los dos Doctorados en Diseño y Política de Planificación Urbana (UPDP) y Conservación del Patrimonio Arquitectónico (CBA) han decidido trabajar de manera conjunta en el tema "Sostenimiento de la Bahía: Estrategias Colaborativas para la Preservación y el Desarrollo Urbano en La Habana", con un grupo de docentes pertenecientes a ambos Doctorados (María Cristina Giambruno y Laura Pogliani, con Grazia Concilio, Francesco Curci, Valeria Fedeli, Angelo Landi, Annunziata Oteri, Sonia Pistidda, Oana Tiganea), en concierto con Craft (Centro de competencia _territorios antifrágiles) de Dastu y a partir de un proyecto compartido con el profesorado de la Universidad de Alicante, coordinado por Antonio Jiménez Delgado, y con colegas cubanos pertenecientes a la Universidad de San Jerónimo y la Facultad de Arquitectura de La Habana (contactos Sergio Raymant y Vilma Rodríguez Tápanez). Los estudiantes de doctorado involucrados fueron: Martina Adami, Ahmed Ades, Heydar Alibayli, Caterina Berlusconi, Georgios

Chatziefthymiou, Giulia D'Aleo, Narmin Dashdamirli, Chaoqiong Guo, Rahman Khan, Trayana Kovacheva, Jacopo Menegatti, Weibo Mi, Elisabetta Pedegani, Karolina Pianiazek, Flora Pregun, Talia Quesada Campana, Elena Rizzico, Brett Allen Slack, Isabella Traeger, Erica Ventura.

El objetivo del trabajo consistió en el conocimiento y análisis en profundidad de las cuestiones críticas relativas al desarrollo sostenible de la Bahía de La Habana y los barrios residenciales circundantes (con particular atención a Regla y Casablanca), un sistema territorial caracterizado por la complejidad y riqueza de las estratificaciones históricas, lo incompleto de las infraestructuras, la precariedad de las condiciones socioeconómicas, así como la extrema vulnerabilidad del sistema ambiental. Estas condiciones permitieron a los estudiantes participantes en el taller, principalmente matriculados en el primer año del curso de Doctorado, experimentar con hipótesis de investigación, investigación y restitución cartográfica a diferentes escalas y con interesantes enfoques multidisciplinarios.

El programa del taller se desarrolló en tres fases, incluyendo una actividad preliminar a distancia de construcción e interpretación del marco cognitivo (octubre de 2024-febrero de 2025), una actividad residencial en La Habana (marzo de 2025) y una actividad final de análisis en profundidad y consolidación de hipótesis interpretativas, aún en curso y que finalizará en otoño de 2025. En las dos primeras fases, la comparación con colegas españoles y sobre todo cubanos fue decisiva, para adquirir información, pero sobre todo para seleccionar las prioridades de los temas de estudio y verificar las primeras hipótesis interpretativas, que serán reevaluadas durante la fase final.

La participación de los estudiantes de doctorado en el intensivo y estimulante taller en La Habana fue convencida y particularmente fructífera no sólo desde el punto de vista científico. De hecho, los jóvenes investigadores se encontraron en una situación inesperada en muchos aspectos, que les obligó a remodular los criterios y mecanismos iniciales de lectura e interpretación de las condiciones contextuales y los impulsó a todos a mirar más atentamente las especificidades locales, invitándolos a una discusión estrecha y continua sobre las exigencias y objetivos del trabajo mismo.

El contacto con la realidad local, el conocimiento directo de las actividades de investigación y estudio realizadas durante décadas por colegas españoles y cubanos, la participación y el debate en torno a los temas del taller y las cuestiones más generales relacionadas, así como la exploración de los métodos de asentamiento a través de la fotografía, han permitido a los doctorandos enriquecer e incrementar sus conocimientos y propensiones personales para el análisis y la investigación. De hecho, se ha desarrollado un nuevo enfoque en los participantes individuales y en el grupo de investigadores, abiertos a estímulos y curiosos hacia líneas de investigación menos obvias, que confirma y fortalece la postura investigadora que ya caracteriza los programas de Doctorado del Politécnico de Milán y particularmente apreciada en el contexto internacional.



Figura 3. Homenaje al profesor Daniel Taboada en el Centro ReDi, La Habana. Elaboración propia.

6.3 Conclusiones del grupo del Colegio San Gerónimo, Universidad de La Habana

La preservación y gestión del patrimonio cultural atesora entre sus grandes figuras al arquitecto Daniel Taboada Espiniella, el cual destaca como guía de muchas generaciones a las que ha inspirado por su consagración y espíritu creador, con énfasis en la salvaguarda del patrimonio construido.

Los contenidos y enfoques de los workshops celebrados consolidan su incansable misión, la cual fue inspiradora del proyecto colectivo que en 2025 conllevó al intercambio de conocimientos entre España, Italia y Cuba, a través de investigaciones procedentes de la Universidad de Alicante, el Politécnico de Milán y el Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana respectivamente, en la que además se sumaron estudiantes de diversas regiones del mundo.

Los encuentros sostenidos han sido una demostración del empeño de jóvenes graduados universitarios que continúan investigando arduamente para alcanzar, de conjunto, soluciones de impacto para la protección de los bienes culturales, a la vez que potencian la colaboración internacional y la labor multidisciplinaria en este campo.

Las actividades de los grupos de investigación y programas de doctorado han enriquecido de contenido la exposición como herramienta educativa. Esta, que tuvo su inauguración en La Habana, invita a conocer y reflexionar sobre el valor que posee la obra de Taboada, tanto como arquitecto de importantes obras, con un concepto de rehabilitación que ha trascendido y repercutido en el ejercicio de la profesión de todos los que lo conocimos y amamos, así como su labor como maestro de varias generaciones, exhortándolas a ser fieles guardianes de nuestro patrimonio cultural.

Como resultado de las actividades realizadas concluimos en la necesidad de enfatizar la importancia de transmitir las experiencias académicas en congresos, publicaciones y exposiciones que acerquen a la población en general la trascendencia del trabajo universitario para la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos con una visión global.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arjona Pérez, Marta. (2004) Patrimonio cultural e identidad, Carpentier, Alejo. (1996). El amor a la ciudad. Ed. Alfagura. Consejo Europeo. Nueva Carta de Atenas 2003. "La visión de las ciudades en el siglo XXI" en el Consejo Europeo de Urbanistas. Hernández Cardona, F.X. (2002): "Sociedad, patrimonio y enseñanza. Estrategias para el siglo XXI", en: La geografía y la historia, elementos del medio. Madrid. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Jiménez Delgado, Antonio (2008). Mirando La Habana. Ed. La Serranía.

Martí Marco, María Rosario (2004). Ensayo Político sobre la isla de Cuba. Alejandro de Humbolt. Ed. Publicaciones Universidad de Alicante.

Prats, J.; Hernández, A. (1999): "Educación para la valoración y conservación del patrimonio", en: Por una ciudad comprometida con la educación. Barcelona. Ayuntamiento de Barcelona.

Prats, J. (1999): "El Patrimoni al servei de l'educació de la ciutadania". Barcelona Educació, núm.10. A.A.V.V. (2006). Una experiencia singular. Valoraciones del modelo de gestión integral de La Habana Vieja, Patrimonio de la Humanidad. La Habana.

Leal Spengler, Eusebio. (2006). Para no olvidar, t. II.

Leal Spengler, Eusebio. (2006) Patria Amada.

Ochoa Alomá, Alina. (2002) Desafío de una utopía, una estrategia integral para la gestión de salvaguarda de la Habana Vieja. Ed. Boloña. Oficina del Historiador de la ciudad de La Habana.

Ponce Herrero, Gabino. (2007). La Habana. De Colonia a Metrópoli. Ed. Agencia Española de Cooperación Internacional.

Rodríguez Alomá, Patricia. (2002) Un nuevo enfoque para el manejo de áreas antiguas. Ed. Oficina Regional de Cultura para América Latina y el Caribe de la UNESCO.

Sánchez Robert, Siomara. (2001) La Habana. Puerto y Ciudad. Historia y Leyenda. Ed. Boloña. Oficina del Historiador de la ciudad de La Habana. UNESCO. Informe de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI. Ed. UNESCO, Santillana, 1996.

Vázquez García, Humberto. (2006) Historia, aventuras y leyendas del brillante del Capitolio. Venegas Fornias, Carlos. (2003). Plazas de intramuro. Ed. Consejo Nacional de Patrimonio Cultural.

APORTACION DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES DESMONTABLES DE HORMIGÓN PREFABRICADO AL NIVEL DE SOSTENIBILIDAD DE LOS EDIFICIOS

CONTRIBUTION OF REMOVABLE PRECAST CONCRETE STRUCTURAL SYSTEMS TO THE SUSTAINABILITY LEVEL OF A BUILDING

Luis de Garrido Talavera

PhD. Architect, PhD Computer Engineer (AI), Director ANAS research center. info@luisdegarrido.com

RESUMEN

En el presente trabajo se evalúa la contribución de la construcción desmontable (basada en paneles prefabricados de hormigón armado) al nivel de sostenibilidad de un edificio. La evaluación del nivel sostenible se ha realizado utilizando 11 de los métodos de evaluación medioambiental internacionales más conocidos: ASGB, BEAM, BREEAM, CEDES, DNGB, GBI, GG, GS, IGBC, LEED y SBTools. Para determinar las ventajas medioambientales se ha realizado un análisis comparativo entre dos edificios. Un edificio de viviendas completamente desmontable ya construido (SAYAB), y una versión del mismo edificio con una construcción convencional. El resultado ha sido que todos los métodos de evaluación han determinado que la construcción desmontable a base de paneles prefabricados de hormigón armado tiene un mayor nivel de sostenibilidad, y han cuantificado su aportación. No obstante, las puntuaciones varían considerablemente: solo tres métodos han detectado claramente las ventajas de la construcción desmontable (CEDES: 22,72 %, DNGB: 14,79 %, SBTools: 12,4 %), pero el resto no la valora demasiado, e incluso tres de ellos le otorgan puntuaciones muy bajas (BEAM: 1,17 %, ASGB: 2,06 %, IGBC: 3,0 %) a pesar de sus importantes ventajas ambientales. Desde luego no es aceptable que un mismo edificio tenga un valor sostenible diferente dependiendo del sistema de evaluación elegido, por lo que se deduce que muchos métodos de evaluación sostenible deben mejorarse. No obstante, los tres mejores métodos determinan que la construcción desmontable proporciona un incremento mayor del 12,0% al nivel de sostenibilidad de un edificio.

Palabras clave: *construcción desmontable, sistemas de evaluación, edificios sostenibles, paneles prefabricados de hormigón armado, construcción sostenible*

ABSTRACT

This paper evaluates the contribution of demountable construction (based on precast reinforced concrete panels) to a building's sustainability. The sustainability assessment was carried out using 11 of the most widely recognized international environmental assessment methods: ASGB, BEAM, BREEAM, CEDES, DNGB, GBI, GG, GS, IGBC, LEED, and SBTools. To determine the environmental benefits, a comparative analysis was conducted between two buildings: an existing fully demountable residential building (SAYAB) made by precast concrete panels, and a version of the same building with conventional construction. The result was that all assessment methods determined that demountable construction based on precast concrete panels has a higher level of sustainability and quantified its contribution. However, the scores vary considerably: only three methods clearly identified the advantages of demountable construction (CEDES: 22.72%, DNGB: 14.79%, SBTools: 12.4%), while the rest did not value it highly, and three of them even gave it very low scores (BEAM: 1.17%, ASGB: 2.06%, IGBC: 3%) despite its significant environmental advantages. It is certainly unacceptable for the same building to have a different sustainability value depending on the assessment system chosen, so it follows that many sustainability assessment methods need to be substantially improved in the future. However, the three best methods determined that demountable construction provides an increase in a building's sustainability level of over 12%.

Keywords: *Demountable construction, evaluation systems, sustainable buildings, prefabricated reinforced concrete panels, sustainable construction*

1. INTRODUCCION

La construcción desmontable, basada en paneles de hormigón armado, tiene grandes y evidentes ventajas ambientales y económicas, ya que sus componentes se pueden montar y desmontar fácilmente, además de desmontarse, repararse y reutilizarse tantas veces como se desee. De esta forma, se puede maximizar su durabilidad con mantenimiento mínimo, y, como consecuencia, reducir su impacto ambiental a lo largo del tiempo.

Algunos estudios han analizado las ventajas de los edificios desmontables basados en componentes de hormigón armado, especialmente en lo que respecta a la optimización de recursos, la reducción de residuos y emisiones, la reducción del consumo energético, etc. (Chewe y Waldman, 2021; Croonen, 2020; Fayyad y Abdalqader, 2020; Figueira et al., 2021; Jamil et al., 2014; Moradi et al., 2016; Morice y Base, 2015; Odenbreit y Kozma, 2020; Pavlović y Veljković, 2017). Estudios previos analizaron sistemas constructivos específicos, pero utilizando solo unos pocos indicadores de sostenibilidad (Akambi et al., 2019; Boedianto y Walraven, 2000; Cruz et al., 2015; Negrin y Plitt, 2019; Ortlepp et al., 2015; Ortlepp et al., 2017; Reinhardt, 2018; Salama, 2018). De hecho, en la literatura se encuentran muy pocos análisis generales sobre el nivel de sostenibilidad de la construcción modular y desmontable (Pai y Elzarka, 2021).

Por ello, en el presente trabajo se cuantifica la aportación de la construcción desmontable, basada en paneles prefabricados de hormigón armado, en el nivel de sostenibilidad general de los edificios.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene dos objetivos principales: por un lado, evaluar la contribución de la construcción desmontable a la sostenibilidad de un edificio y, por otro, determinar si los BRS estudiados constituyen métodos válidos para evaluar dicha sostenibilidad.

Para medir la sostenibilidad de los edificios, se han desarrollado sistemas de evaluación multivariable que consideran todos los aspectos de la sostenibilidad y se conocen como *Sistemas de Evaluación de Edificios Sostenibles* (GBRS).

Para el estudio, se ha evaluado un edificio desmontable mediante once (11) de los sistemas más reconocidos internacionalmente y los resultados se han comparado con los de un edificio convencional para poder obtener la contribución de la construcción desmontable en el nivel de sostenibilidad general. Los GBRS seleccionadas para la prueba son: ASGB, BEAM, BREEAM, CEDES, DNGB, GBI, GG, GS, IGBC, LEED y SBTools.

Cabe destacar que cada vez hay más estudios que cuestionan la utilidad de los GBRS actuales, ya que no se han diseñado bajo el mismo consenso previo sobre el concepto de sostenibilidad (Andújar et al., 2020). Algunos estudios concluyen que los GBRS actuales no pueden evaluar correctamente, ya que no consideran el diseño arquitectónico en su sistema de puntuación (De Garrrido, 2008, 2012, 2017; Chen et al., 2015; Katiyar et al., 2021; Lee, 2013). Otros son aún más críticos y concluyen que muchos edificios diseñados según algunos de estos GBRS, no presentan un ahorro energético sustancial ni una optimización de recursos en comparación con los edificios convencionales. Por lo tanto, indican que no merece la pena invertir tiempo ni dinero en GBRS, ya que no garantizan un edificio sostenible y solo proporcionan un certificado que no supone ninguna mejora ambiental (Chen et al., 2015; Katiyar et al., 2021; Scofield, 2009; Scofield y Cornell, 2019; Conniff, 2017). Por si fuera poco, cada vez hay más trabajos que critican duramente la utilidad de algunos de los GBRS más conocidos, como LEED (Scofield y Doane, 2018).

El edificio analizado en este estudio, SAYAB (Fig. 1), se ha construido enteramente a base de componentes prefabricados de hormigón armado, y puede desmontarse y volverse a montar tantas veces como se desee, ya que todos sus componentes son desmontables y pueden repararse y reutilizarse tantas veces como se desee, de modo que se puede prolongar al máximo la durabilidad del edificio y minimizar el impacto ambiental por unidad de tiempo. Dados los enormes beneficios ambientales de la construcción desmontable (máximo aumento de la durabilidad, máxima reducción del impacto ambiental a lo largo del tiempo, reducción de emisiones y residuos, optimización de recursos, disminución del consumo energético,

eliminación de la obsolescencia programada, etc.), cabría esperar que los actuales GBRS los evaluara correctamente, pero no ha sido así.



Figura 1. Edificio SAYAB (Proyecto y fotografía de Luis de Garrido)

3. METODOLOGIA

Para determinar con precisión la contribución de la construcción desmontable a la puntuación de sostenibilidad de un edificio, se ha comparado un edificio desmontable (SAYAB) con su versión construida de forma convencional (ND-SAYAB). Solo se han utilizado en la evaluación comparativa los indicadores cuyas puntuaciones varían al tener en cuenta la desmontabilidad. Los edificios se han analizado mediante 11 de los mejores y más utilizados GBRS.

SAYAB es un complejo de cuatro edificios residenciales destinados al estrato social medio (estrato 4), construido en Cali, Colombia. Cada edificio contiene alrededor de 100 viviendas con una superficie promedio de unos 60 m² (Sayab, 2024). En este estudio, se analiza uno de los cuatro bloques (Fig. 1 y 2).

3.1 Descripción del edificio desmontable SAYAB

3.1.1 *Información general*

SAYAB se ha diseñado con un alto nivel ecológico y sostenible, y de hecho ha sido reconocido internacionalmente en diversas publicaciones y galardonado. Se ha construido empleando diversas estrategias para optimizar al máximo los recursos y minimizar los residuos y emisiones en todas las etapas de su construcción. El edificio cuenta con un refinado diseño bioclimático, por lo que las viviendas no necesitan aparatos de aire acondicionado, ni calefacción, ni ventilación. Como consecuencia, las viviendas SAYAB tienen un consumo energético mínimo (apenas un 30% del habitual en este tipo de viviendas de la zona).

El edificio SAYAB prácticamente no requiere mantenimiento gracias a la robustez y durabilidad de los materiales utilizados, y a la escasa instalación de aparatos. SAYAB también se construyó con materiales saludables, que no producen emisiones, para maximizar el bienestar y la salud de sus residentes. Cabe destacar que el coste económico de las viviendas es similar al precio medio de mercado de otras viviendas de las mismas características en la misma zona. Sin embargo, su característica más destacable es que se ha construido con componentes industrializados, modulares, prefabricados y desmontables, incluida su estructura (Fig. 3).



Figura 2. Planta baja del bloque de viviendas SAYAB (Proyecto de Luis de Garrido)

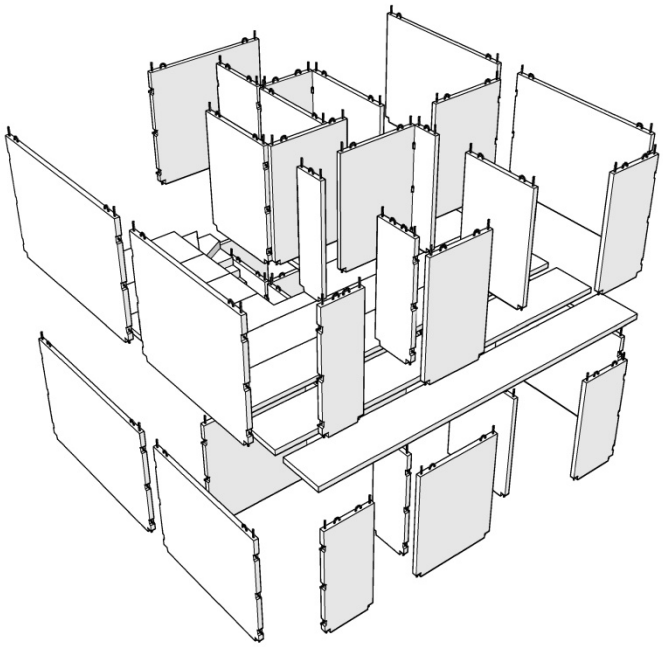


Figura 3. Estructura desmontable de SAYAB basada en paneles prefabricados de hormigón armado (Proyecto de Luis de Garrido)

3.1.2 *Total desmontabilidad*

La estructura del edificio SAYAB (cimentación, muros de carga y losas) se ha construido con paneles prefabricados de hormigón armado ("formaletas"), ensamblados mediante conectores metálicos para evitar desplazamientos diferenciales entre los diferentes componentes (Figs. 3, 4 y 5). Sin embargo, la robustez y rigidez del conjunto se logran mediante un ensamblaje adecuado entre los paneles (Fig. 6). La estructura desmontable final es capaz de resistir todas las tensiones externas, incluyendo las fuertes demandas sísmicas de la zona (la actividad sísmica es significativa en Cali). Todos los paneles estructurales se pueden desmontar fácilmente del edificio para facilitar su reparación o reemplazo. Las envolventes arquitectónicas también están hechas de bloques de hormigón y paneles de madera-cemento, que también se pueden desmontar fácilmente. Los elementos metálicos exteriores (puertas y ventanas) y todos los elementos decorativos son desmontables. Incluso las instalaciones y el equipamiento del edificio se han realizado con componentes desmontables que también se pueden desmontar, reparar y reutilizar fácilmente.

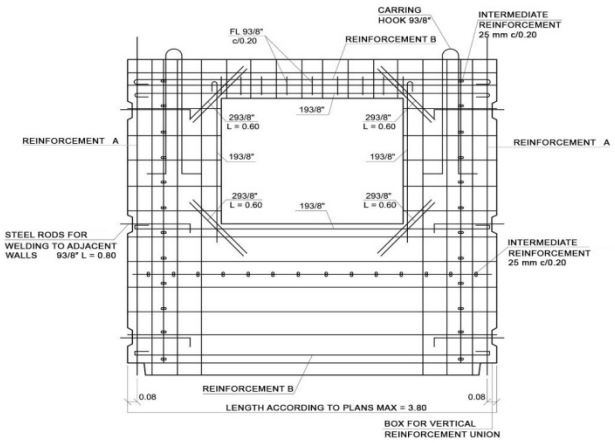


Figura 4. Armado de los paneles prefabricados de hormigón utilizados en SAYAB (Proyecto de Luis de Garrido)



Figura 5. Proceso de montaje de paneles prefabricados desmontables de hormigón armado en SAYAB

(Proyecto y fotografía de Luis de Garrido)

Como resultado, todos los componentes del edificio pueden extraerse, repararse y reutilizarse indefinidamente, lo que le proporciona una durabilidad infinita. La reparación de los componentes es sencilla y, si es necesario, pueden sustituirse por nuevos. En consecuencia, al maximizar la durabilidad del edificio y minimizar la necesidad de mantenimiento, el impacto ambiental por unidad de tiempo tiende a cero. Cabe añadir que los componentes de SAYAB pueden repararse y reutilizarse tantas veces como sea posible; sin embargo, si algunos de estos componentes están muy deteriorados y su reparación resulta muy costosa, podrían utilizarse en otro tipo de construcción menos exigente estéticamente (por ejemplo, un muro de contención). De esta manera, se aumenta aún más la durabilidad de los componentes y se reduce aún más su impacto ambiental.

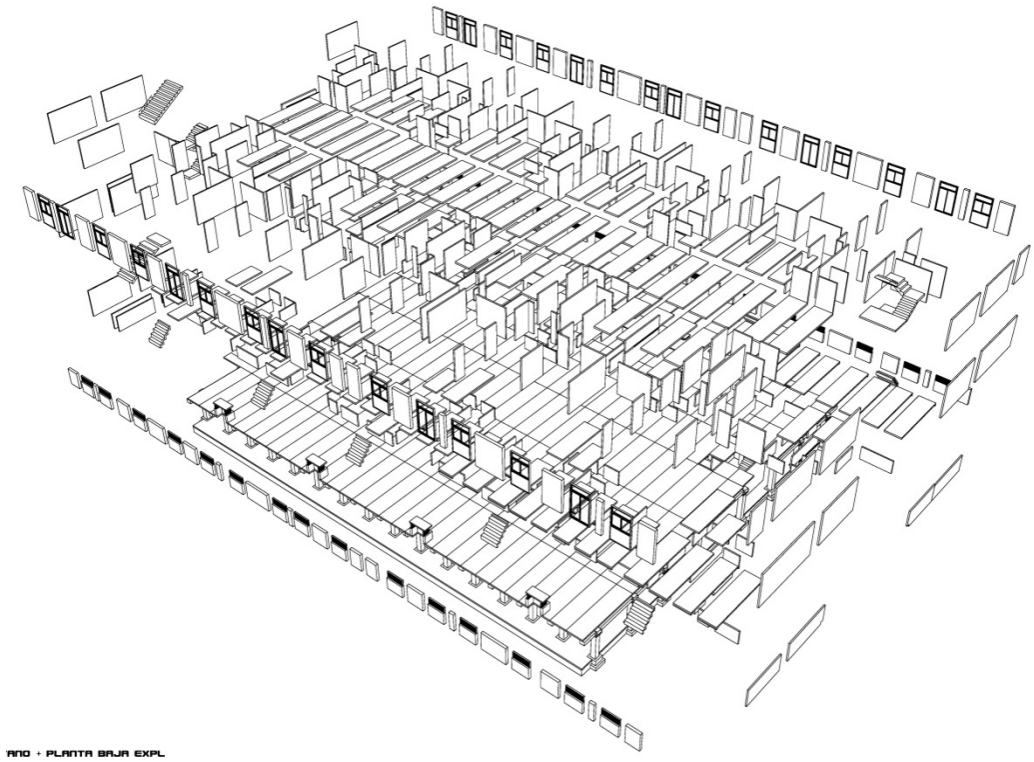


Figura 6. Desglose de paneles estructurales desmontables y componentes prefabricados de SAYAB (Proyecto de Luis de Garrido)

Las ventajas ambientales y económicas de un edificio desmontable, como se ha estudiado en estudios previos (Boedianto y Walraven, 2000; Cruz et al., 2015; De Garrrido, 2008, 2012 y 2017; Negrin y Plitt, 2019; Ortlepp et al., 2015; Ortlepp et al., 2017), son numerosas, y entre ellas destacan las siguientes:

- Adaptabilidad a nuevos usos
- Rapidez de construcción
- Fácil reconfiguración del edificio
- Fácil reparación
- Menor necesidad de mantenimiento
- Bajo consumo energético
- Baja generación de emisiones y residuos
- Máxima optimización de recursos

Por lo tanto, se asume que los diferentes GBRS deben valorar adecuadamente estas ventajas y asignar una puntuación considerable al desmontaje. De lo contrario, se deduciría que los GBRS que no lo evalúen adecuadamente serían deficientes y deberían modificarse.



Figura 7. Estructura de SAYAB, basada en paneles prefabricados desmontables de hormigón armado (Proyecto de Luis de Garrido)

3.2 Descripción del edificio no desmontable *ND-SAYAB*

Para medir la puntuación diferencial de los sistemas GBRS individuales en cuanto a construcción desmontable, se comparó el SAYAB con un edificio no desmontable, conocido como ND-SAYAB, que, de hecho, es el mismo edificio construido convencionalmente. Para ello, se asumió que ningún elemento del ND-SAYAB es desmontable y que presenta características y detalles constructivos similares a la construcción habitual de edificios residenciales de clase media en Colombia: cimentación basada en zapatas flexibles de hormigón armado; estructura basada en losas unidireccionales de vigas, viguetas de hormigón pretensado y bóvedas de hormigón; pilares de hormigón armado; tabiques interiores basados en mampostería o panales de yeso-celulosa; cubierta plana ventilada; acabados exteriores basados en fratasado y enlucido de cemento, tratados con pinturas plásticas convencionales.

3.3 Evaluación comparativa entre *SAYAB* y *ND-SAYAB*

SAYAB y *ND-SAYAB* se han evaluado utilizando una selección de los GBRS más importantes y representativos existentes: ASGB (ASGB 2019), BEAM (BEAM 2024), BREEAM (BREEAM 2018), CEDES (CEDES 2024), DNGB (DGNB 2023), GBI (GBI 2014), GG (GG 2022), GS (GS 2022), IGBC (IGBC 2019), LEED (LEED 2019) y SBTools (SBTool 2022).

Para evaluar la contribución de la construcción desmontable al nivel general de sostenibilidad, se comparó SAYAB con ND-SAYAB utilizando once (11) de los GBRS más populares, considerando únicamente los indicadores relacionados con la desmontabilidad, creando una tabla comparativa para cada GBRS utilizado. El conjunto de indicadores cuya puntuación varía al comparar un edificio desmontable con uno no desmontable se denomina «grupo desmontable» (Tabla 1). Las tablas de evaluación muestran, para cada uno de los dos edificios:

- La puntuación otorgada a cada indicador (*Puntos*)
- La puntuación máxima posible para cada indicador (*Pmáxima*)
- El peso del indicador dentro de la categoría a la que pertenece (*Pindicador*)
- El peso de la categoría (*Pcategoría*)
- El factor de conversión de la escala de puntuación de cada método, para convertirla en una escala de 0 a 100 (ya que algunos GBRS puntúan de 0 a 75, otros de 0 a 100, otros de 0 a 110 y otros de 0 a 1000. Por lo tanto, los factores de conversión utilizados son: 100/75, 100/100, 100/110 y 100/1000).
- Puntuación total, en porcentaje de 0 a 100

Al multiplicar la puntuación proporcional de un indicador (puntuación/puntuación máxima) por el peso de la categoría y por el coeficiente de conversión, se obtiene un valor (de 0 a 100) que representa la contribución de cada indicador a la puntuación total. La suma de la puntuación de todos los indicadores del grupo "desmontable" proporciona la puntuación total de cada grupo, tanto para SAYAB como para ND-SAYAB. La contribución de la construcción desmontable se obtiene restando las puntuaciones totales de ambos edificios, para cada tabla utilizada. Cabe destacar que cada GBRS tiene una estructura interna y un sistema de puntuación diferente. Algunos GBRS no tienen categorías, sino solo indicadores, y la determinación del peso específico de cada sistema es diferente y debe calcularse sobre una base común de 0 a 100. Si bien todas las tablas muestran esencialmente lo mismo: la puntuación final de cada indicador en una escala de 0 a 100 y la suma de todos los indicadores al evaluar SAYAB con ND-SAYAB.

Para describir el proceso de evaluación y la contribución de cada indicador en la evaluación final del edificio, tomemos el ejemplo: el Sistema de Evaluación ASGB (Tabla 1).

El Indicador del ASGB "Adaptabilidad del Edificio (BA)" tiene una puntuación máxima de 18 puntos. Este indicador tiene una ponderación de 18/100 dentro de la Categoría "Seguridad y durabilidad (SD)", que a su vez tiene una ponderación de 10 sobre 110 (ASGB tiene un rango de evaluación total de 0 a 100+10).El Indicador BA ha sido puntuado en SAYAB con 12 (sobre un máximo de 18), es decir, (12/18) (=0,66). Al multiplicar este valor (0,66) por la ponderación del Indicador BA dentro de la categoría, se obtiene un valor de (0,66 * (18/100)), es decir, 0,12. Al multiplicar este valor por la ponderación de la Categoría SD en la puntuación total, se obtiene (0,12 * (10/100)) = 0,012, dentro del rango de puntuación de (0-110). Al convertir

este porcentaje al rango de puntuación común de (0-100), la puntuación final es (0,012 * (100 / 110)) = 0,0109, es decir, 1,09 %.

El Indicador BA ha sido puntuado en ND-SAYAB con 6 (sobre un máximo de 18), es decir, ((6/18) = 0,33). Al multiplicar este valor (0,33) por la ponderación del Indicador BA dentro de la categoría, se obtiene un valor de (0,66 * (18/100)), es decir, 0,06. Al multiplicar este valor por la ponderación de la Categoría SD en la puntuación total, se obtiene (0,06 * (10/100)) = 0,006, un porcentaje basado en una puntuación de (0-110). Al convertir este porcentaje a una base común de (0-100), la puntuación final es (0,006 * (100 / 110)) = 0,0055, es decir, 0,55 %.

Tabla 1. Diferencias de puntuación entre *SAYAB* y *ND-SAYAB*

Indicadores de desmontabilidad		**Sayab**						**ND- Sayab**					
Indicadores	Categoría	Puntos	Pmáxima Score	Pindicador weight	Pcategoría weight	(0-110)	(0-100)	Puntos	Pmáxima	Pindicador weight	Pcategoría weight	(0-110)	(0-100)
BA (*1)	SD (*6)	12	18	18/100	10%	1.20	1.09%	6	18	18/100	10%	0.60	0.55%
LULC (*2)	SD	10	10	10/100	10%	1.00	0.91%	6	10	10/100	10%	0.60	0.55%
IIDP (*3)	RC (*7)	8	8	8/200	20%	0.80	0.73%	4	8	8/200	20%	0.40	0.36%
URRWM (*4)	RC	12	12	12/200	20%	1.20	1.09%	6	12	12/200	20%	0.60	0.55%
SSIC (*5)	II (*8)	10	10	10/190	10%	0.53	0.48%	5	10	10/190	10%	0.27	0.24%
Puntuación							4.30%						2.24%
Diferencia													2,06 %

ASGB proporciona una puntuación máxima de 100 puntos, y 10 puntos adicionales, por lo que el rango de puntuación es de 0 a 100

(*1) Building adaptability, (*2) Longer useful life of components, (*3) Industrialized interior design parts, (*4) Use of recyclable, reusable and waste materials, (*5) Structural system and industrialized components, (*6) Security and durability, (*7) Resource conservation, (*8) Improvement and innovation

Repitiendo el proceso con los 5 indicadores de desmontabilidad en ASGB, SAYAB obtiene una puntuación del 4,30 %, en comparación con el 2,24 % de ND-SAYAB. Es decir, según ASGB, el sistema constructivo completamente desmontable utilizado en SAYAB aporta un 2,06 % (4,30-2,24) al nivel de sostenibilidad de un edificio (Fig. 8).

4. RESULTADOS

Se ha repetido el proceso de evaluación comparativa mostrado en el apartado anterior con los 11 GBRS elegidos. De este modo se ha cuantificado el aporte de la construcción desmontable (basada en paneles prefabricados de hormigón armado) al nivel sostenible de un edificio, utilizando los 11 GBRS. Los resultados de la evaluación han sido los siguientes: ASGB: 2.06 %, BEAM: 1.17 %, BREEAM: 5.38 %, CEDES: 22.72 %, DNGB: 14.79 %, GBI: 7 %, GG: 4.90 %, GS: 5.46 %, IGBC: 3 %, LEED: 4.54 % y SBTools: 12.4 % (Fig. 8).

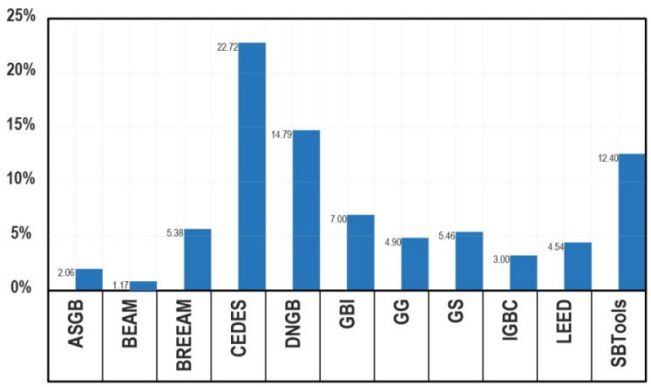


Figura 8. Contribución de la construcción desmontable al nivel de sostenibilidad de un edificio, utilizando 11 GBRS

Se observa una amplia variación en los resultados según el GBRS elegido. Solo tres de los GBRS utilizados evaluaron adecuadamente las ventajas ambientales de la construcción desmontable basada en componentes prefabricados de hormigón (CEDES: 22,72 %, DNGB: 14,79 % y SBTools: 12,4 %). Los demás GBRS la han

considerado poco valiosa y tres le han otorgado una puntuación muy baja (BEAM (1,17 %), ASGB (2,06 %) e IGBC (3 %).

En general, se observan dos cosas: en primer lugar, la mayoría de los sistemas subestiman la construcción desmontable y solo tres de ellos la valoran adecuadamente, mientras que existe una enorme disparidad en las puntuaciones otorgadas por los distintos GBRS. Es inaceptable que un mismo edificio obtenga puntuaciones de sostenibilidad significativamente diferentes según el GBRS utilizado. Esto demuestra, sin duda, que la mayoría de los GBRS actuales no son adecuados para medir el nivel de sostenibilidad de los edificios, y deberían modificarse adecuadamente.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo ha demostrado que la construcción desmontable tiene un mayor nivel de sostenibilidad que la construcción convencional. Para ello, y utilizando once (11) GBRS, se ha evaluado un edificio desmontable de viviendas junto con otro con construcción convencional y se han comparado los resultados obtenidos. El edificio analizado es completamente desmontable y sus componentes se montan y desmontan fácilmente, por lo que pueden desmontarse, repararse fácilmente y reutilizarse tantas veces como sea necesario para prolongar al máximo su vida útil, reduciendo al máximo el impacto ambiental por unidad de tiempo.

Sin embargo, paralelamente, también se ha demostrado la falta de idoneidad de los principales GBRS actuales para medir la contribución de la construcción desmontable al nivel de sostenibilidad de un edificio. Teniendo en cuenta los grandes beneficios ambientales de la construcción de edificios desmontables (máximo aumento de la durabilidad, máxima disminución del impacto ambiental por unidad de tiempo, disminución de emisiones y residuos, optimización de recursos, disminución del consumo energético, eliminación de la obsolescencia programada, etc.), cabría esperar que los GBRS actuales las valoraran adecuadamente, otorgándoles una puntuación alta. Sin embargo, no fue así. Ocho de los once GBRS utilizados han otorgado muy poco valor a la construcción desmontable, a pesar de sus evidentes beneficios ambientales. Por si fuera poco, los diferentes GBRS han proporcionado puntuaciones muy diferentes para el mismo edificio. Y desde luego no es aceptable que un mismo edificio tenga puntuaciones tan diferentes según el GBRS utilizado. Los resultados del presente estudio, y para un caso práctico concreto, muestran que la mayoría de los GBRS actuales no pueden evaluar correctamente el nivel de sostenibilidad de un edificio y deberían mejorarse. Se deberían realizar más estudios como este para poder concluir, de forma general, que los diferentes GBRS otorgan de forma general puntuaciones diferentes a un mismo edificio y que, por lo tanto, deberían mejorarse. No obstante, los indicadores involucrados en la desmontabilidad en cada sistema siempre serán los mismos, por lo que de tan solo un caso práctico se puede deducir una generalización. Finalmente, en el presente estudio se ha observado que los GBRS que evalúan más adecuadamente la construcción desmontable son: CEDES, SBTools y DNGB.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akanbi, L., Oyedele, L., Omoteso, K., Bilal, M., Akinade, O., Ajayi, A., Dávila Delgado, J. M. & Owolabi, H. (2019). Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy. *Journal of Cleaner Production, 223*, 386-396. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.172

ANAS 2024. Asociación Nacional para la Arquitectura Sostenible, España. www.anas-sostenible.com

Andújar, J. M., Gómez, S. & Sánchez, A. (2020). Green building rating systems and the new framework level(s): A Critical Review of Sustainability Certification within Europe. *Energies, 13*(1), 66. https://doi.org/10.3390/en13010066

ASGB 2019. Assessment Standard for Green building https://www.eia543.com/documents/14%E5%BB%BA%E7%AD%91%E8%AE%BE%E8%AE%A1%26%E5%AE%A4%E5%86%85%E7%A9%BA%E6%B0%94%E6%B1%A1%E6%9F%93%E7%A0%94%E7%A9%B6/%E7%BB%BF%E8%89%B2%E5%BB%BA%E7%AD%91%E8%AF%84%E4%BB%B7%E6%A0%87%E5%87%86%EF%BC%88GB%20T%2050378-2019%EF%BC%89.pdf

BEAM 2024. Building Environmental Assessment Method. HK-BEAM Plus. 4/04 New Buildings – Technical Manual. https://www.ibeam.hk/public/knowledgeDatabase/?tab=downloadArea

Boedianto, P. & Walraven, J. (2000). Optimizing the environmental impact of demountable building. *International Symposium on Intergrated Life-Cycle Design of Materials and Structures*, Ed. A. Sarja, 135-141 https://api.semanticscholar.org/CorpusID:114544276

BREEAM 2018. Building Research Establishment Environmental Assessment Method ES. 2019. New Construction 2018 3.0 – Technical Manual. https://breeam.es/manuales-tecnicos

CEDES 2024. Comprehensive Environmental Design and Evaluation System. CEDES Technical Manual. GBRS designed by National Association for Sustainable Architecture in Spain. https://www.anas-sostenible.com/

Chen, X., Yang, H. & Lu, L. (2015). A comprehensive review on passive design approaches in green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 50(C), 1425-1436. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.003

Chewe Ngapeya, G. & Waldmann, D. (2021). Design model for dry-stacked and demountable masonry blocks. *ORBIlu Support.* http://hdl.handle.net/10993/46894

Conniff, R. (2017). Why Don't Green Buildings Live Up to Hype on Energy Efficiency? *Yale Environment* 360: New Haven, CT. https://e360.yale.edu/features/why-dont-green-buildings-live-up-to-hype-on-energy-efficiency

Croonen, L. (2020). *A sustainable and reusable concrete facade system.* [Master´s Thesis, TU Delft Architecture and the Built Environment].

http://resolver.tudelft.nl/uuid:ff156480-0d96-4530-90d5-a6234d6f6b68

Cruz Rios, F., Chong, W. & Grau, D. (2015). Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities. *Procedia Engineering, 118*, 1296-1304. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.485

De Garrido, L. (2008). *Analysis of Sustainable Architecture Projects. "Artificial Natures 2001-2008"*. McGraw-Hill. ISBN 978-84-481-6802-5

De Garrido, L. (2012). *A New Paradigm in Architecture*. Monsa. ISBN 978-84-152-2375-7

De Garrido, L. (2017). *Manual of Advanced Ecological Architecture*. Editorial Nobuko Design. ISBN. 978-98-74160126

DGNB 2023. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. DNGB system 2023 – Technical Manual. https://www.dgnb.de/en/certification/buildings/new-construction/version-2023

Fayyad, T. & Abdalqader, A. (2020). Demountable Reinforced Concrete Structures: A Review and Future Directions. *Civil Engineering Research in Ireland 2020. 5*, *5*. https://event.ceri2020.exordo.com/

Figueira, D., Ashour, A., Yıldırım, G., Aldemir, A. & Şahmaran, M. (2021). Demountable connections of reinforced concrete structures: Review and future developments. *Structures, 34*, 3028-3039. ttps://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.09.053

GBI 2014. Green Building Index . 2014 V. 3.1– Technical Manual. https://www.greenbuildingindex.org/gbi-tools/

GG 2022. Green Globes. Technical Reference Manual Version 1.0 - September 2022.

GS 2022. Green Star. Green Star Design & As Built V1.2 – Technical Manual

IGBC 2019. Indian Green Building Council. IGBC Green New Buildings Rating Systems V3.0 – Technical Manual.

Jamil, M., Zain, M. & Sadafi, N. (2014). Structural and Functional Analysis of an Industrial, Flexible, and Demountable Wall Panel System. *International Journal of Engineering, 27*(2), 247-260. https://doi.org/10.5829/idosi.ije.2014.27.02b.09

Katiyar, M., Sahu, A. K., Agarwal, S. K. & Tiwari, P. K. (2021). Role of Spatial Design in Green Buildings-A Critical Review of Green Building Rating Systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1116*, *1, 12-166.* https://doi.org/10.1088/1757-899x/1116/1/012166

Lee, W. (2013). A comprehensive review of metrics of building environmental assessment schemes. *Energy and Buildings 62*, 403-413. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.014

LEED 2019. *Leadership in Energy and Environmental Design*. LEED v4.1 Residential BD+C Multifamily Homes – Technical Manual. https://www.usgbc.org/tools/leed-certification/homes_CLASIFICACION.pdf

MAS 2024. Advanced Master in Sustainable, Bioclimatic and Self-Sufficient Architecture (M.A.S.). www.masterarquitectura.info

Moradi, M., Valipour, H., Foster, S. & Bradford, M. (2016). Deconstructable steel–fibre reinforced concrete deck slabs with a transverse confining system. *Materials & Design, 89*, 1007-1019 . https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.10.059

Morice, P. & Base, G. (2015). The design and use of a demountable mechanical strain gauge for concrete structures. *Magazine of Concrete Research, 5*(13), 37-42. https://doi.org/10.1680/macr.1953.5.13.37

Negrin, F. & Plitt, T. (2019). Designer demountable. *Sanctuary: Modern Green Homes, 48*, 16-21. https://www.jstor.org/stable/26906361

Odenbreit, C. & Kozma, A. (2020). Demountable and reusable construction system for steel-concrete composite structures. In A. Chen, X. Ruan, & D. Frangopol, *Life-Cycle Civil Engineering: Innovation, Theory and Practice.* 521-528. http://dx.doi.org/10.1201/9780429343292-66

Ortlepp, S., Masou, R., & Ortlepp, R. (2015). Demountable construction for sustainable buildings. *High Performance Fiber Reinforced Cement Composites (HPFRCC)*, Stuttgart, vol. 7

Ortlepp, S., Masou, R. & Ortlepp, R. (2017). Green construction methods of buildings capable for disassembly to support circular economy. In F. da Silva, H. Bártolo, P. Bártolo, R. Almendra, F. Roseta, H. Almeida, & A. Lemos, *Challenges for Technology Innovation: An Agenda for the Future.* Taylor & Francis Group. https://doi.org/10.1201/9781315198101

Pai, V. & Elzarka, H. (2021). Whole building life cycle assessment for buildings: A case study ON HOW to achieve the LEED credit. *Journal of Cleaner Production, 297*, 126501

https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126501

Pavlović, M. & Veljković, M. (2017). Prefabricated demountable concrete and FRP decks in composite structures. *ce/papers, 1*, 1889-1898. https://doi.org/10.1002/cepa.233

Reinhardt, H. (2018). Demountable concrete structures – an energy and material saving building concept. *International Journal of Sustainable Materials and Structural Systems 1*(1), 18-28. http://dx.doi.org/10.1504/IJSMSS.2012.050452

Salama, W. (2018). *Design for disassembly as an alternative sustainable construction approach to life-cycle-design of concrete buildings*. [Doctoral thesis, Gottfried Wilhelm Leibniz University]. https://doi.org/10.15488/5121

Sayab 2024. https://luisdegarrido.com/es/proyectos-realizados/sayab/

SBTool 2022. SBtools for performance assessment 2022. https://www.iisbe.org/sbmethod

Scofield, J. H. (2009). "Do LEED-certified buildings save energy? Not really…". *Energy and Buildings, 41*, 1386-90. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.006

Scofield, J. H. & Cornell, J. (2019). A critical look at "Energy savings, emissions reductions, and health co-benefits of the green building movement". *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, 29*, 584-593. https://www.nature.com/articles/s41370-018-0078-1.pdf

Scofield, J. H. & Doane, J. (2018). Energy performance of LEED-certified buildings from 2015 Chicago benchmarking data, *Energy and Buildings, 174*, 402-413. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.06.019

HERRAMIENTAS DIGITALES PARA MEJORAR LA PREVENCIÓN Y SEGURIDAD EN LAS OBRAS DE EDIFICACIÓN

DIGITAL TOOLS TO IMPROVE PREVENTION AND SAFETY IN BUILDING CONSTRUCTION SITES

María Segarra Cañamares[1], Mercedes del Río Merino* [2], Rafael Alberto Heredia Morante[3], Miriam Zamora Calleja [4], Antonio Ros Serrano [5]

[1]Escuela Politécnica de Cuenca, Universidad de Castilla-La Mancha, 16071 Cuenca, Spain. maria.segarra@uclm.es
[2]Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain, mercedes.delrio@upm.es
[3]Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain rafael.heredia@alumnos.upm.es (RAHM)
[4]Arpada S.A., Ebanistas 6. 28923 Madrid, Spain. mzamora@arpada.net
[5]Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain. antonio.ross@upm.es

RESUMEN

En la actualidad, el sector de la construcción presenta desafíos significativos en términos de seguridad laboral, con riesgos inherentes asociados a: los entornos de construcción, que suelen ser cada vez más complejos y cambiantes; la formación tradicional y/o la supervisión limitada a los trabajadores debido a la amplitud de los sitios de construcción y la diversidad de tareas.

Sin embargo, creemos que las Herramientas Digitales y la Inteligencia Artificial pueden mejorar la seguridad al posibilitar simular los entornos de trabajo, gestionar riesgos de forma predictiva e incluso plantear una formación virtual permitiendo a los trabajadores practicar situaciones de riesgo.

Por ello, se ha diseñado un proyecto de investigación con el objetivo de analizar la viabilidad de aplicar algunas de las herramientas digitales, que se comercializan en la actualidad, para mejorar la seguridad y la salud de los trabajadores de las obras de edificación.

El proyecto se desarrolla en varias etapas, en primer lugar, se identifica y analizan las herramientas tecnológicas y digitales que se comercializan en la actualidad y que pueden aplicarse a la Prevención de Riesgos Laborales, y los riesgos más recurrentes en el sector de la Edificación en España. Posteriormente, a través de una encuesta a profesionales del sector y el Método Delphi se seleccionan las herramientas más adecuadas y viables para utilizar en obras de edificación para reducir los riesgos más recurrentes.

Las conclusiones han sido: herramientas como los drones y los sensores del equipamiento personal de los trabajadores pueden mejorar la tarea de los coordinadores de seguridad para asegurarse de que se toman las medidas preventivas necesarias; y que las aplicaciones de la Realidad Virtual de la Realidad Aumentada y la Realidad Mixta, pueden ayudar a mejorar la formación y la toma de conciencia de los trabajadores, así como los exoesqueletos a evitar los sobreesfuerzos.

Parte del contenido de este trabajo se basa en aportaciones previas publicadas en Buildings (Merino et al., 2025), si bien se han realizado revisiones y adaptaciones orientadas a la temática, objetivos y audiencia del congreso.

Palabras clave: *Prevención de riesgos laborales; Seguridad, digitalización, Inteligencia Artificia; Realidad Virtual; Realidad Aumentada; Realidad Mixta.*

ABSTRACT

Currently, the construction sector faces significant challenges in terms of workplace safety, with inherent risks associated with: construction environments, which are increasingly complex and changing; traditional training and/or limited supervision of workers due to the size of construction sites and the diversity of tasks.

However, we believe that Digital Tools and Artificial Intelligence can enhance safety by enabling the simulation of work environments, managing risks in a predictive manner, and even providing virtual training that allows workers to practice risky situations.

Therefore, a research project has been designed with the aim of analyzing the feasibility of applying some of the digital tools currently available on the market to improve the safety and health of construction workers.

The project is developed in several stages. First, the technological and digital tools currently available on the market that can be applied to Occupational Risk Prevention, as well as the most recurrent risks in the building sector in Spain, are identified and analyzed. Subsequently, through a survey of industry professionals and the Delphi Method, the most suitable and feasible tools are selected for use in building construction sites to reduce the most frequent risks.

The conclusions were: tools such as drones and sensors on workers' personal equipment can improve the task of safety coordinators by ensuring that necessary preventive measures are taken. Additionally, applications of Artificial Intelligence, Virtual Reality, Augmented Reality and Mixed Reality can help improve training and worker awareness, while exoskeletons can help prevent overexertion.

Part of the content of this work is based on previous contributions published in Buildings (Merino et al., 2025); however, revisions and adaptations have been made to address the specific theme, objectives, and audience of this congress.

***Keywords**: Occupational risk prevention; Safety, digitalization, Artificial Intelligence; Virtual Reality; Augmented Reality; Mixed Reality.*

1. INTRODUCCIÓN

En España, el sector de la construcción representa más del 5% del PIB y emplea a más de un millón de trabajadores, sin embargo, su peso en la economía contrasta con su bajo nivel de digitalización e innovación, lo que afecta gravemente a su productividad y crecimiento.

Actualmente, solo el sector agrícola se sitúa por debajo (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2024). Por tanto, el sector tiene ante sí un gran reto al que dar respuesta y en este sentido, la transformación digital es un requisito indispensable para su consecución gracias al potencial que nos ofrecen las nuevas tecnologías y sus sinergias con la metodología Building Intelligent Modeling (BIM) (Confederación Española de Organizaciones Empresariales [CEOE], 2025). De hecho, se estima que, para 2025, la digitalización a gran escala, conducirá a un ahorro de costes anual del 13% al 21% en las fases de diseño, ingeniería y construcción y del 10% al 17% en la fase de operaciones (Universidad del País vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea [UPV-EHU], 2017).

En la actualidad, el sector, conocido por su alta siniestralidad y tasa de accidentes (Figura 1), presenta desafíos significativos en términos de seguridad laboral, con riesgos inherentes asociados a la complejidad de los entornos de construcción; la falta de nuevos modelos para la formación de los trabajadores, la dificultad de supervisar en tiempo real a todos los trabajadores, etc. Sin embargo, es posible que las herramientas digitales y la Inteligencia Artificial (IA), puedan mejorar la seguridad (Baduge et al., 2022) (Santamaría, 2017) (Espino, 2017) (Manzoor, B.; et al, 2021).

Algunos estudios, están definiendo un marco de trabajo para las futuras plataformas digitales del sector (Digiplace, 2025). Otros, proponen plataformas abiertas de Internet of Things (IoT) en el sector (Concha Arcas, 2024).

Por otra parte, investigadores de la Universidad de Burgos han desarrollado el Proyecto Virtual Risk Prevention que considera que la Realidad Virtual e Inteligencia Artificial pueden ser herramientas adecuadas para formar a los trabajadores en prevención de riesgos laborales (Merino, 2023).

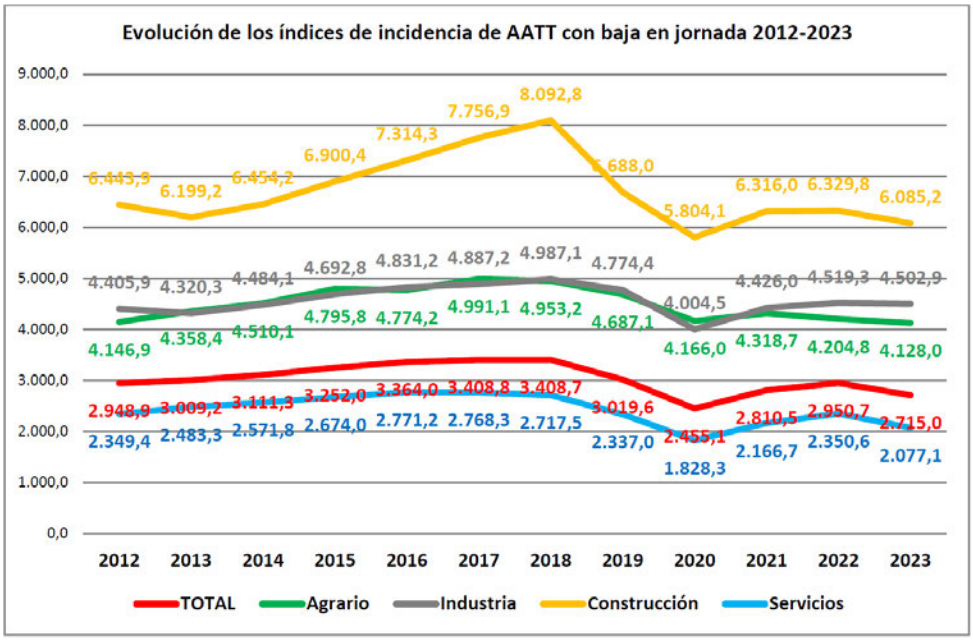


Figura 1. Evolución de los índices de incidencia de AATT con baja en jornada 2012-2023. (Confederación Sindical de CCOO, 2024).

Sin embargo, son pocos los estudios encontrados sobre la viabilidad de introducir estas nuevas tecnologías en el sector, salvo el informe sobre "El impacto de la Inteligencia Artificial en el sector de la Construcción" (PTEC, 2024) y el informe de Deloitte sobre el "Estado de la adopción digital en la Industria de la construcción en Asia Pacífico" (Autodesk, 2024) ambos del mismo año. En los dos casos, además, no se especifica la viabilidad de utilizar estas herramientas en el ámbito de la Prevención de Riesgos Laborales (PRL).

2. OBJETIVOS

Por todo ello, se plantea el desarrollo de un proyecto (Rio Merino, et al., (2025) cuyo objetivo es determinar la viabilidad de la utilización de estas herramientas, en el ámbito de la PRL, en la actualidad y a corto plazo.

Como objetivos específicos:

- Analizar las herramientas tecnológicas y digitales aplicadas a la PRL del sector, que se comercializan en España, así como conocer su posible aplicación, a corto plazo, en las empresas del sector.
- Analizar los riesgos más recurrentes en el sector de la Edificación en España, a través de la documentación oficial publicada.
- Seleccionar, considerando los resultados anteriores, las herramientas más adecuadas y viables para utilizar en obras de edificación, reducir los riesgos más recurrentes y mejorar la PRL.

3. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló en 4 etapas:

En la primera etapa, se analizó, a través de una pormenorizada búsqueda bibliográfica y a través de la documentación oficial publicada, las herramientas tecnológicas y digitales aplicadas a la PRL del sector, que se comercializan en España y los riesgos más recurrentes en el sector.

Se realizó una búsqueda con palabras clave como: prevención, PRL, seguridad laboral, edificación, IA, RV, etc, en español e inglés, a través de bases datos académicas como: Google Scholar; Scopus; Web of Science; Dialnet, researchGate y base de datos sobre tesis (Teseo). Además, se buscaron artículos en revistas especializadas en construcción, tecnología e IA, como Automation in Construction o Journal of Construction Engineering and Management; AI & Society o IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems.

Por último, se encontró documentación sobre el tema en las instituciones relacionadas con la construcción y la seguridad laboral como: Ministerio de Trabajo y Economía Social de España; Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST); Agencia Española de Protección de la Salud en el Trabajo;Fundación Laboral de la Construcción y empresas tecnológicas que desarrollan soluciones de IA, como Everis, Accenture, o IBM, Congreso Internacional sobre la Innovación en la Construcción, así como en los libros de actas de Jornadas sobre Innovación Tecnológica en la Construcción.

En una segunda etapa, se realizó en primer lugar, una encuesta a los profesionales del sector, para analizar la situación en España sobre la utilización de las herramientas digitales aplicadas a la PRL.

Se analizó la situación actual del uso y la viabilidad a corto plazo de las herramientas digitales para la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) mediante una encuesta dirigida a profesionales de la construcción en España. Para ello, se empleó una estrategia de muestreo intencional para reclutar participantes con experiencia relevante en seguridad en la construcción, garantizando la inclusión de diversos roles (p. ej., jefes de obra, coordinadores de seguridad, ingenieros, arquitectos, contratistas y promotores).

La muestra final estuvo compuesta por 97 profesionales. El tamaño de la muestra se justificó mediante la fórmula de Cochran para poblaciones finitas, considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10%, adecuado para estudios exploratorios en poblaciones grandes.

Criterios de inclusión: Los participantes debían tener al menos tres años de experiencia en el sector de la construcción en España y participación directa en la gestión de la SST o en la toma de decisiones relacionadas.

El cuestionario se diseñó con base en la revisión bibliográfica y se perfeccionó con la aportación de expertos. Abarcó las percepciones sobre la utilidad de las herramientas digitales, las barreras para su adopción, las necesidades de formación y las prácticas actuales. Validación: El instrumento se validó mediante una revisión de expertos y una prueba piloto con un subgrupo de profesionales. La fiabilidad se evaluó mediante el alfa de Cronbach (α=0,82), lo que indica una alta consistencia interna. Recopilación de datos: La encuesta se distribuyó electrónicamente, mediante la plataforma “Forms” de Microsoft 365 y la participación fue voluntaria y anónima. Para el análisis estadístico, se utilizaron estadísticas descriptivas, análisis de varianza y pruebas t para muestras independientes para analizar los datos. Las pruebas t evaluaron si las percepciones diferían significativamente según el género, la edad o el rol profesional. La hipótesis nula en cada caso fue que no existían diferencias significativas entre los grupos. El umbral de significación se estableció en α=0,05. Todos los análisis se realizaron con el programa SPSS v.28.

En la tercera etapa se analizó la documentación oficial y las estadísticas de accidentes publicadas por el Ministerio de Trabajo y Economía Social y otros organismos pertinentes para identificar los riesgos y las causas de accidentes más recurrentes en el sector de la construcción español. Las causas se agruparon según taxonomías establecidas para facilitar la interpretación y priorización.

Posteriormente, en la cuarta etapa, a través del Método Delphi, se seleccionaron, a través del consenso, las herramientas digitales más adecuadas. El Método Delphi. (Jiménez-Pulido et al., 2022), es un método muy utilizado en la bibliografía y consiste en organizar a un grupo de expertos (lo ideal es entre 5-10 personas) para llegar a un consenso. En este caso concreto, se seleccionaron 7 profesionales de empresas constructoras, mutuas de seguros, asociaciones profesionales, consultoras, oficinas técnicas y proveedores de tecnología, con un mínimo de cinco años de experiencia relevante y reconocida experiencia en Seguridad y Salud en el Trabajo o innovación en la construcción. Esto garantizó un análisis profesional desde diferentes perspectivas, lo que enriqueció el intercambio y fomentó el interés en participar. Los expertos fueron:

- Responsable del Departamento de Seguridad, Salud, Calidad y Medio Ambiente del Consejo Territorial de Madrid de la FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN. Entidad líder en el sector de la construcción con representación paritaria de organizaciones empresariales y sindicales.
- Coordinador Territorial de Prevención de ASEPEYO. Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Laborales.
- Director de la Oficina Técnica del Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (CGATE). Órgano representativo de la profesión y coordinador de su organización profesional a nivel nacional e internacional.

- CEO de MARTIN BRAINON. Consultor/a empresarial nacional e internacional centrado/a en el talento, la mitigación de riesgos y el fortalecimiento de la cultura empresarial mediante el desarrollo de soluciones tecnológicas únicas a nivel global.
- Jefe del Servicio de Control de Condiciones de Trabajo del IRSST, Instituto Regional de Seguridad y Salud Laboral de Madrid.
- Director general de GA GROUP, líder internacional en la creación de herramientas de formación y sensibilización en seguridad y salud en el trabajo (SST) utilizando las últimas tecnologías.
- Experto en PLS ET&A de HILTI, líder mundial en el diseño y producción de tecnología, software y servicios para el sector profesional de la construcción.

El método Delphi se llevó a cabo en tres rondas. En cada ronda, los expertos revisaron y priorizaron las herramientas y barreras digitales identificadas en las etapas anteriores. Tras cada ronda, se proporcionó al panel retroalimentación anónima y resúmenes estadísticos y se estableció un umbral de consenso del 75 % para alcanzar un acuerdo sobre las herramientas y barreras más relevantes.

4. RESULTADOS

Los resultados de la búsqueda bibliográfica nos permiten concluir que hay, en la actualidad, en España, empresas que comercializan herramientas de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y mixta para mejorar la formación de los trabajadores en PRL reduciendo el tiempo necesario para capacitar a los trabajadores, permitiéndoles comenzar a trabajar de manera segura más rápidamente, proporcionando formación personalizada y práctica (Akindele et al, 2024); (Moore; 2019).

También se comercializan exoesqueletos para reducir los sobreesfuerzos. Sin embargo, estos exoesqueletos, aunque generalmente vienen en varios tamaños (pequeño, mediano, grande), no siempre cubren la diversidad completa de morfologías. Algunos fabricantes están comenzando a ofrecer exoesqueletos personalizables que permiten ajustes precisos según las necesidades específicas del trabajador. Esto es especialmente importante cuando se piensa en la inclusión de trabajadores con diversidad funcional, ya que cada cuerpo tiene diferentes necesidades ergonómicas, pues si un exoesqueleto no está bien adaptado, puede generar incomodidades, dolor o incluso lesiones adicionales, lo que no solo afecta la salud del trabajador, sino que también puede incrementar los riesgos de accidentes laborales (Generalitat Valenciana, 2025).

Y otros dispositivos como drones, cascos, botas y chalecos inteligentes, así como otro tipo de equipamiento personal con sensores, para proporcionar información en tiempo real y que se puedan realizar inspecciones virtuales de los sitios de construcción, identificando problemas de seguridad sin necesidad de estar físicamente presentes. (Bodytrak, 2025) (Sandu, E, 2025).

Con respecto a los riesgos más recurrentes en el sector de la Edificación en España, se han obtenido, de la documentación pública consultada de las estadísticas de accidentes de trabajo publicadas por el Ministerio de Trabajo y Economía Social, basadas en los datos proporcionados en los partes de accidentes de trabajo a través del Sistema Delta y de las investigaciones de los accidentes mortales llevadas a cabo por los órganos Técnicos de las Comunidades Autónomas, las siguientes conclusiones (Ministerio de trabajo y Economía Social, 2023) (Observatorio Industrial de la Construcción, 2019) (Confederación Sindical de CCOO, 2024):

Durante los últimos 20 años, los datos oficiales muestran que las causas más frecuentes de los accidentes laborales en el sector de la construcción en España han estado relacionadas principalmente con la ausencia o deficiencia de protecciones colectivas frente a caídas, así como con la utilización de métodos de trabajo inadecuados o directamente inexistentes. Estas deficiencias estructurales han ido agravándose con el tiempo, lo que pone de manifiesto la necesidad de reforzar las medidas preventivas y la correcta planificación de las tareas en obra. A estos factores se suman otros elementos recurrentes como la falta de formación específica, el uso inadecuado de equipos y la insuficiente supervisión de los procesos, que continúan contribuyendo de manera significativa a la siniestralidad del sector. Este contexto refuerza la importancia de apostar por la innovación y la digitalización como herramientas clave para mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales en las obras de edificación, permitiendo anticipar los riesgos y optimizar la protección de los trabajadores.

Por otra parte, del análisis de los datos facilitados de los últimos 3 años, por el departamento de PRL de una empresa constructora de edificios residenciales en la Comunidad de Madrid, se puede concluir que la mayoría de las desviaciones detectadas en obra son, principalmente, por riesgos relacionados con medidas de protección colectiva, medios auxiliares, orden y limpieza y equipos de protección individual.

Con respecto, a la encuesta realizada para determinar la situación en España, sobre la utilización de las herramientas digitales aplicadas a la PRL, así como su posible aplicación a corto plazo en las empresas del sector, comentar que ha sido contestada por 97 profesionales del sector con experiencia significativa en seguridad y salud en obras de construcción.

Las respuestas obtenidas provienen de profesionales involucrados en el sector de la construcción principalmente Arquitectos y Arquitectos Técnicos (50%) y contratistas (17%). De las respuestas obtenidas a las 23 preguntas se obtuvieron las siguientes conclusiones:

En primer lugar, los encuestados identificaron las caídas en altura (40%), el uso inadecuado o falta de control sobre maquinaria (30%) y la falta de concienciación sobre los peligros (25%) como los principales riesgos a abordar con herramientas digitales (Figura 2).

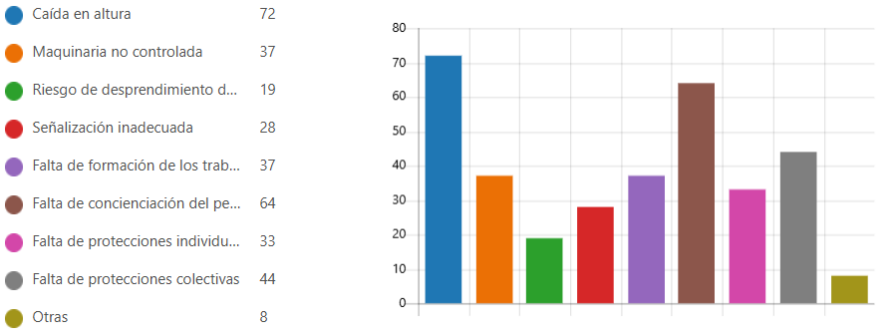


Figura 2. Principales riesgos donde se podrían implementar tecnologías digitales para mejorar la PRL.

Prácticamente todos los encuestados están de acuerdo o muy de acuerdo en incorporar estas tecnologías en el ámbito de la seguridad, al igual que se recogía en el informe de Deloitte (Autodesk, 2024). Además, un 25 % de los encuestados indicaron que sus empresas tienen estrategias basadas en la implementación de tecnología. Sin embargo, un 54 % indicaron que no cuentan con estrategias digitales.

El 90% de los encuestados, refiere que la simulación de accidentes mediante realidad mixta contribuye a la concienciación de los trabajadores y al análisis de las causas, y un 81.3% consideran que la realidad virtual mejora la formación y la hace más inclusiva.

Por otra parte, y al igual que en el informe de Deloitte (Autodesk, 2024) se perciben ventajas al aplicar las herramientas como: la agilidad en la gestión documental, la mejora de la comunicación entre agentes involucrados y la inmediatez en la gestión de tareas.

También se ha constatado que existen barreras importantes para integrar estas tecnologías como la falta de habilidades y formación digital de los trabajadores (35%), el presupuesto insuficiente (30%) y los altos costes de las herramientas (25%).

Por último, destacan como tecnologías con mayor potencial para mitigar estos riesgos: Trabajar en un entorno colaborativo como Building Information Modeling (BIM); La Realidad Virtual, Aumentada y Mixta, votadas por un 45% de los encuestados por su capacidad para simular escenarios reales, y la utilización de drones (30%) para la supervisión y monitoreo en tiempo real de las obras.

En cuanto a los resultados obtenidos tras la aplicación del Método Delphi, los expertos concluyen que:

- La metodología BIM reduce la improvisación en obra, mejora la comunicación de riesgos y ayuda a prevenir accidentes desde la fase de diseño.
- La monitorización y la exportación de datos son herramientas esenciales para la prevención de accidentes.
- Los sensores y dispositivos de monitorización permiten la supervisión en tiempo real y ayudan a reducir los accidentes por negligencia y errores humanos.

- Los sistemas de control de acceso a zonas de riesgo impiden que los trabajadores accedan a zonas peligrosas sin autorización ni protección adecuada.
- Los exoesqueletos y dispositivos ergonómicos ayudan a minimizar el riesgo de sobreesfuerzo y lesiones musculoesqueléticas.
- La inteligencia artificial optimiza la gestión documental y la predicción de accidentes.
- La realidad virtual y aumentada son especialmente útiles en la investigación de accidentes y en la concienciación de los trabajadores sobre los riesgos sin causar lesiones reales. Estas tecnologías permiten una formación más interactiva y eficaz, mejorando la capacidad de los trabajadores para identificar y evitar riesgos. En este contexto, los expertos coinciden en que los principales riesgos que deben abordarse con las herramientas digitales son las caídas, el uso inadecuado o la falta de control de la maquinaria, y la falta de concienciación sobre los peligros. A esto se suman el sobreesfuerzo y los trastornos musculoesqueléticos, identificados como un problema subestimado, pero con un impacto significativo en los accidentes.

Sin embargo, los expertos señalan que la implementación efectiva de estas tecnologías requiere superar desafíos clave como:

- Falta de competencias digitales y resistencia al cambio: los trabajadores y los responsables de obra necesitan formación específica para comprender y aprovechar estas herramientas.
- Brecha digital entre grandes y pequeñas empresas: si bien las grandes corporaciones lideran la transformación, las PYMES tienen dificultades para acceder a estas soluciones.
- Normativa obsoleta: la normativa actual no está diseñada para integrar las tecnologías emergentes, lo que ralentiza su adopción.
- Coste y rentabilidad de la inversión: las empresas, especialmente las PYMES, no perciben de inmediato los beneficios económicos de la digitalización en la PRL, lo que limita su inversión en estas herramientas. En el sector, la seguridad no siempre se considera una prioridad, debido en gran medida a una cultura laboral tradicional y a la falsa sensación de seguridad que puede llevar a la falta de precaución en el trabajo diario. Todo esto hace necesario enfatizar la importancia de la percepción del riesgo y aumentar la concienciación de los trabajadores sobre los peligros a los que se enfrentan. De hecho, la tecnología se considera una herramienta poderosa para cambiar la percepción del riesgo.

Por todo ello, se recomienda a las empresas de construcción, la implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, respaldado por estrategias que consideren las herramientas digitales que se comercializan en la actualidad y que sean de fácil utilización y coste no muy elevado, como:

- La formación de los trabajadores mediante Realidad Mixta, simulando escenarios dónde frecuentemente ocurren accidentes.
- La utilización de exoesqueletos, ajustados a la diversidad de los trabajadores, para realizar las tareas más duras.
- La aplicación de sensores de movimiento en zonas de potencial caídas, para evitarlas.

5. CONCLUSIONES

El sector de la construcción representa aproximadamente el 13% del PIB mundial; en España, representa más del 5% del PIB. Sin embargo, su peso en la economía contrasta con su bajo nivel de digitalización e innovación, lo que afecta gravemente a su productividad y crecimiento. En este sentido, muchos investigadores creen que la aplicación de herramientas digitales permitiría avanzar en la mejora de la productividad y la sostenibilidad del sector.

El sector de la construcción presenta una alta siniestralidad y una tasa de accidentes laborales que suelen estar asociados a problemas en la organización del trabajo, la gestión de la prevención y la falta de formación y concienciación de los trabajadores, lo que resulta en el incumplimiento de los procedimientos e instrucciones.

En este sentido, los resultados de la encuesta realizada a profesionales del sector han sido consensuados por el grupo de expertos, que concluye que aplicaciones como los drones y los sensores de los equipos personales de los trabajadores pueden mejorar la labor de los coordinadores y responsables de seguridad para evitar que se descuiden las medidas preventivas necesarias, y que las aplicaciones de RV, RA y RM

pueden ayudar a mejorar la formación y la concienciación de los trabajadores. de los riesgos inherentes a las tareas que deben realizar.

Sin embargo, los profesionales también indican la necesidad de mejorar la formación en estas herramientas, como instrumento para conseguir concienciar a los trabajadores y responsables de las obras de la importancia de la PRL; así como de la necesidad de involucrar a todos los actores clave, desde promotores hasta subcontratas, en la adopción de estas herramientas digitales, generando un verdadero ecosistema digital, para garantizar la implementación efectiva de estas tecnologías.

Finalmente, la implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, respaldado por la monitorización y la mejora continua con aplicaciones digitales, debería ser imperativo para alcanzar el reto de Cero Accidentes en todas las empresas del sector.

Se puede concluir, por tanto, que hay una tendencia positiva hacia la adopción de herramientas digitales en la gestión de la PRL en España y que los profesionales perciben beneficios en la mejora de la PRL al aplicar estas herramientas, a pesar de las barreras que sin duda existen, en un sector tan tradicional como el de la construcción en España.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akindele, N., & otros. (2024). A state-of-the-art analysis of virtual reality applications in construction health and safety. *Results in Engineering, 23*, 102382. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102382

Autodesk, & Deloitte. (2024). *Estado de la adopción digital en la industria de la construcción en Asia Pacífico*.

Baduge, S. K., Zhou, Z., Perera, S., Siriwardena, M., Alsharif, F., & Li, H. (2022). Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. *Automation in Construction, 141*, 104418. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104440

Bodytrak. (2024). Sistemas wearables de control de la fatiga. https://bodytrak.co/es/sistemas-wearables-de-control-de-la-fatiga/

CEOE (Confederación Española de Organizaciones Empresariales). (2024). *Plan Digital 2025: La digitalización de la sociedad española*. https://www.ceoe.es/sites/ceoe-corporativo/files/content/file/2020/03/29/38/plan_digital_2025.pdf

Concha Arcas. (2024). Plataforma Transversal: compatibilizar el avance de las tecnologías y la Administración Pública. Comunicación presentada al III Congreso Ciudades Inteligentes. https://www.esmartcity.es/comunicaciones/comunicacion-plataforma-transversal-compatibilizar-avance-tecnologias-administracion-publica

Confederación Sindical de CCOO. (2024, abril). Análisis de las estadísticas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales en España en 2023. https://www.ccoo.es/33fd8e17affff93e3f0cc94a395b07b7000001.pdf

DigiPLACE. (2025). Digital Platform for Construction in Europe. https://www.digiplaceproject.eu/

Espino Timón, C. (2017). Análisis predictivo: técnicas y modelos utilizados y aplicaciones del mismo-herramientas Open Source que permiten su uso [Trabajo de Fin de Grado, Universitat Oberta de Catalunya]. https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/59565/6/caresptimTFG0117mem%C3%B2ria.pdf

Generalitat Valenciana. Prevención y retos 4.0. Exoesqueletos en prevención de riesgos laborales. Available online: https://www.femeval.es/dam/jcr:57e9814c-7825-4db7-b4d9-1b3ba12ce75d/GUIA-EXOESQUELETOS.pdf (accessed on 12 May 2025).

Jiménez-Pulido, C., & otros. (2022). Caracterización de fachadas: clasificación de las tipologías constructivas más habituales en España. *Informes de la Construcción, 74*(568), e471. https://doi.org/10.3989/ic.88694

Manzoor, B.; et al. Influence of Artificial Intelligence in Civil Engineering toward Sustainable Development-A Systematic Literature Review. Applied System Innovation 2021, 4, 52. https://doi.org/10.3390/asi4030052

Merino, M. (2023, 20 de enero). La UBU transforma la Seguridad Laboral: Virtual Risk Prevention entra en acción. *El Correo de Burgos*. https://www.elcorreodeburgos.com/innovadores/231212/189038/ubu-transforma-seguridad-laboral-virtual-risk-prevention-entra-accion.html

Merino, et al (2025). Feasibility of Using New Technologies and Artificial Intelligence in Preventive Measures in Building Works.Buildings. 15 (12): 2132- - 2025-06-19 15(12), DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15122132

Ministerio de Trabajo y Economía Social. (2023, marzo). Guía de cumplimentación del parte de accidente de trabajo (PAT). https://delta.mites.gob.es/Delta2Web/info/pdfs/Guia-cumplimentacion-PAT-Delta.pdf

Moore, H. F., & Gheisari, M. (2019). A review of virtual and mixed reality applications in construction safety literature. *Safety Now, 5*(3), 51. https://doi.org/10.3390/safety5030051

Observatorio Industrial de la Construcción, Fundación Laboral de la Construcción. Informe 2017 Accidentalidad en el Sector de la Construcción. Enero 2019. Available online: https://www.observatoriodelaconstruccion.com/uploads/media/zxDYtATYsx.pdf (accessed on 12 May 2025).

OCDE. (2024). Informe sobre productividad 2024. https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/trabajo14/Documents/2024/050624-informe-productividad-ocde.pdf.pdf

PTEC (Plataforma Tecnológica Española de Construcción). (2024). Informe sobre el impacto de la Inteligencia Artificial en el sector de la Construcción. https://movicarga.com/se-publica-el-informe-el-impacto-de-la-inteligencia-artificial-ia-en-el-sector-de-la-construccion/

Sandu, E. Cómo la IA y los wearables revolucionan la seguridad y la eficiencia. Available online: https://metaverso.pro/blog/como-la-ia-y-los-wearables-revolucionan-la-seguridad-y-la-eficiencia/ (accessed on 12 May 2025).

Santamaría, S. (2017, octubre). La realidad del mundo virtual. *Business & Technology, 39* (Márketing). https://www.harvard-deusto.com/la-realidad-del-mundo-virtual

UPV-EHU (Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea). (2017). Estrategia para la construcción inteligente y sostenible. En *Proceedings of the 8th European Conference on Energy Efficiency and Sustainability in Architecture and Planning* (pp. 5–7). https://web-argitalpena.adm.ehu.es/pdf/UCPDF176683.pdf

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y FÍSICA DE COMPUESTOS DE YESO Y GEL DE SÍLICE PARA EDIFICIOS MÁS SALUDABLES

MECHANICAL AND PHYSICAL CHARACTERIZATION OF GYPSUM-SILICA GEL COMPOSITES HEALTHIER BUILDINGS

Blanca María Ferreiro Gil[(1)], Immaculada Pallás Juliach [(2)], César Porras Amores[(3)], Paola Villoria Sáez[(4)], Manuel Alejandro Pedreño Rojas[(5)], María Jesús Morales Conde[(6)]

[1] Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S. Edificación, Madrid, España.
[2] Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S. Edificación, Madrid, España.
[3] Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S. Edificación, Dpto. Construcciones Arquitectónicas y su control, Grupo de investigación TEMA, Madrid, España. c.porras@upm.es
[4] Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S. Edificación, Dpto. Construcciones Arquitectónicas y su control, Grupo de investigación TEMA, Madrid, España. paola.villoria@upm.es
[5] Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S. Edificación, Dpto. Construcciones Arquitectónicas y su control, Grupo de investigación TEMA, Madrid, España. alejandro.pedreno@upm.es
[6] Universidad de Sevilla, E.T.S. Arquitectura, Dpto. Construcciones Arquitectónicas I, Sevilla, España. mmorales@us.es

RESUMEN

El cambio climático está influyendo cada vez más en la calidad del ambiente interior al alterar el funcionamiento de los edificios, las necesidades de ventilación y el comportamiento de los contaminantes. El aumento de las temperaturas y la mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos contribuyen a concentraciones elevadas de contaminantes interiores, como compuestos orgánicos volátiles (COV) y otras sustancias nocivas. Estos contaminantes representan riesgos graves para la salud, especialmente en edificios herméticos y energéticamente eficientes, donde el intercambio natural de aire es limitado. En respuesta a estos desafíos, ha crecido el interés por las estrategias pasivas, entre ellas el uso de materiales de construcción capaces de reducir y neutralizar contaminantes interiores, mejorando así la calidad del aire sin aumentar el consumo energético.

Este trabajo de investigación presenta una revisión del estado de la cuestión sobre diversos áridos con capacidad de reducción de contaminantes y analiza la incorporación de gel de sílice en una matriz de yeso y escayola con el fin de evaluar el comportamiento mecánico del compuesto. Para ello, se realizaron ensayos de densidad aparente, resistencia a compresión, resistencia a flexión y dureza superficial. Se analizaron muestras con diferentes proporciones de gel de sílice para determinar la dosificación óptima con propiedades mejoradas o similares a los yesos tradicionales.

Los resultados revelan que el gel de sílice, el carbón activado y la sepiolita, han sido estudiados por su potencial para reducir contaminantes y han sido integrados en elementos constructivos. En particular, se puede incorporar hasta un 20% en peso en una matriz de yeso, manteniendo las propiedades de referencia y superando los valores mínimos de la normativa. Los hallazgos resaltan la importancia de seleccionar materiales no solo por su comportamiento mecánico, sino también por su capacidad en la preservación de ambientes interiores saludables.

Palabras clave: *escayola, construcción regenerativa*

ABSTRACT

Climate change is increasingly influencing indoor environmental quality by altering building operations, ventilation needs, and pollutant behavior. Rising temperatures and more frequent extreme weather events

contribute to elevated concentrations of indoor contaminants such as volatile organic compounds (VOCs) and other harmful substances. These pollutants pose serious health risks, particularly in airtight and energy-efficient buildings where natural air exchange is limited. In response to these challenges, growing attention has turned to passive mitigation strategies, including the use of construction materials capable of adsorbing and neutralizing indoor pollutants, thereby improving indoor air quality without increasing energy consumption.

This study presents a state-of-the-art review of various aggregates able to reduce air contaminants and investigates the incorporation of silica gel into a gypsum matrix in order to evaluate the mechanical behavior of the resulting compound. To this end, bulk density, compressive strength, flexural strength, and superficial hardness tests were conducted. Samples with varying proportions of silica gel were analyzed to determine the optimal dosage for improving or keeping similar properties compared to traditional gypsums.

Results reveal that several sorptive materials, such as silica gel, activated carbon, and sepiolite, have been explored for their potential to be integrated into construction elements like plasters, mortars, and panels. In particular, silica gel can be incorporated up to 20%wt in a gypsum matrix keeping the properties similar to the reference sample and above the minimum values stablished by the regulation. The findings underscore the importance of selecting a material not only for structural and thermal performance, but also as active components in keeping healthy indoor environments.

Keywords: *plaster, regenerative construction*

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción es responsable de aproximadamente el 40 % del consumo energético global, el 30 % de las emisiones de gases de efecto invernadero y más del 30% de los residuos generados (UNEP, 2020). Esta industria también depende de manera intensiva de recursos naturales como minerales, agua y energía.

Por otro lado, la mejora de la calidad del aire interior es hoy en día un objetivo prioritario dentro del diseño arquitectónico sostenible. Sin embargo, el aumento en los estándares de eficiencia energética ha promovido edificaciones más herméticas, lo cual, aunque reduce pérdidas térmicas, ha derivado en un incremento de problemas relacionados con la calidad del aire interior (Wargocki et al., 2002). Una calidad del aire interior deficiente se ha vinculado directamente con el síndrome del edificio enfermo, que se asocia con síntomas respiratorios, alergias y fatiga debido a la acumulación de contaminantes como COVs, humedad excesiva y partículas en suspensión, con implicaciones graves para la salud y el confort de los ocupantes (Salthammer et al., 2018; Wolkoff, 2018).

En este contexto, los materiales higroscópicos, como ciertos tipos de yesos, arcillas y compuestos naturales, han demostrado ser eficaces en la estabilización de la humedad relativa interior y en la reducción de la concentración de contaminantes volátiles. Estos enfoques están alineados con las estrategias de edificación regenerativa y diseño biofílico, donde los materiales de construcción no solo cumplen funciones estructurales o estéticas, sino que también promueven entornos más saludables, confortables y sostenibles (Lechner, 2015; GhaffarianHoseini et al., 2018). En este contexto, los acabados interiores pueden contribuir activamente a la purificación del aire. El yeso, tradicionalmente empleado en revestimientos y particiones interiores, ha sido recientemente explorado como soporte para aditivos funcionales. Existen ejemplos comerciales, como las placas Active Air® de Placo®, que incorporan tecnologías que descomponen formaldehído (Saint-Gobain, 2022).

Diversas investigaciones han analizado la incorporación de materiales adsorbentes en matrices de construcción con el objetivo de reducir la concentración de contaminantes en ambientes interiores. Entre los aditivos más utilizados se encuentran la sepiolita, el carbón activado, el óxido de manganeso y, especialmente, el gel de sílice, debido a su elevada área superficial y su capacidad de adsorción de compuestos orgánicos volátiles (COVs) (Zhang et al., 2020; Pacheco-Torgal & Jalali, 2011). Estas adiciones permiten desarrollar materiales con funciones pasivas de purificación del aire interior, a través de mecanismos tanto físicos como químicos.

En concreto, el gel de sílice es un material amorfo, poroso, con una gran área superficial (hasta 800 m^2/g), estructura tridimensional abierta y alta afinidad por moléculas polares. Su incorporación en morteros, cementos y materiales cerámicos ha sido explorada para mejorar tanto propiedades funcionales como

mecánicas (Tang et al., 2018; Yu et al., 2019). En el contexto de la calidad del aire interior, el gel de sílice contribuye a la adsorción pasiva de COVs mediante mecanismos físicos (adsorción en su red microporosa) e interacciones químicas débiles con grupos silanol (-SiOH) presentes en su superficie (Zhang et al., 2020).

Además de su capacidad de purificación, el gel de sílice puede contribuir a la regulación pasiva de la humedad, un aspecto clave en el confort térmico y la salud ambiental, especialmente cuando se incorpora en forma de polvo fino que mejora la interacción con la matriz del material (Yu et al., 2019).

2. OBJETIVOS

Este trabajo busca generar un impacto positivo en el entorno construido. Para ello, la presente investigación se centra en la mejora de la calidad del aire interior de los edificios mediante el uso de compuestos de yeso modificados con gel de sílice. El objetivo principal es evaluar el potencial del gel de sílice como adición a compuestos de yeso, mejorando sus propiedades físicas y mecánicas al tiempo que se contribuye a la sostenibilidad regenerativa en edificación.

3. MATERIALES Y PLAN EXPERIMETAL

En este apartado se presentarán los materiales utilizados, así como las fases del plan experimental. Los materiales utilizados fueron:

- Yeso grueso y escayola, concretamente yeso tipo B1 y escayola E-35 proporcionados por la empresa Placo® Saint Gobain.
- Gel de sílice blanco suministrado en dos formatos, granulado (Gr) 3-5mm de la marca Carme y polvo (P) 0.04-0.063mm de la marca LABBOX.

Para realizar el plan experimental se elaboraron 18 mezclas de yeso y escayola, de los cuales se confeccionaron tres probetas prismáticas 4x4x16mm^3 para cada compuesto (tabla 1). Para la preparación de muestras se utilizaron moldes prismáticos normalizados (UNE-EN 13279-2:2014) y procedimientos de amasado estandarizados con curado a 23 ± 4 °C y 50 ± 5 % de humedad relativa durante 7 días. Las muestras se elaboraron con yeso y escayola con adiciones de gel de sílice en distintos formatos en proporciones del 5 al 40 %. Transcurrido el periodo de curado, se realizaron los ensayos. Se midió la densidad aparente seca, resistencia a flexión y compresión siguiendo la norma UNE-EN 13279-2:2014.

Con estas dosificaciones de agua y conglomerante, el gel de sílice en formato granulado se pudo añadir hasta un 40% sobre el peso del conglomerante garantizando la trabajabilidad de la pasta. Por el contrario, para los compuestos con gel de sílice en formato polvo solo se pudo añadir hasta un 10% y 20% en el yeso y escayola respectivamente, por lo que de las 18 mezclas realizadas se analizaron y elaboraron probetas de 15.

Tabla 1. Características de los compuestos elaborados con adición de gel de sílice

Num.	Compuesto	Matriz	Relación a/y	Tipo de gel de sílice	% de adición de gel sobre el peso de yeso
1	Y-REF	Yeso	0.60	-	-
2	Y-GSg 5	Yeso	0.60	Granulado	5%
3	Y-GSg 10	Yeso	0.60	Granulado	10%
4	Y-GSg 20	Yeso	0.60	Granulado	20%
5	Y-GSg 40	Yeso	0.60	Granulado	40%
6	Y-GSp 5	Yeso	0.60	Polvo	5%
7	Y-GSp 10	Yeso	0.60	Polvo	10%
8	E-REF	Escayola	0.80	-	-
9	E-GSg 5	Escayola	0.80	Granulado	5%
10	E-GSg 10	Escayola	0.80	Granulado	10%
11	E-GSg 20	Escayola	0.80	Granulado	20%
12	E-GSg 40	Escayola	0.80	Granulado	40%
13	E-GSp 5	Escayola	0.80	Polvo	5%

Num.	Compuesto	Matriz	Relación a/y	Tipo de gel de sílice	% de adición de gel sobre el peso de yeso
14	E-GSp 10	Escayola	0.80	Polvo	10%
15	E-GSp 20	Escayola	0.80	Polvo	20%

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ensayos realizados permitieron evaluar el efecto de la incorporación de gel de sílice (G.S.) en dos formas —granulado y en polvo— sobre las propiedades físicas y mecánicas del yeso, comparando los resultados con una muestra de referencia sin adición. A continuación se analizan los resultados de densidad aparente, resistencia a flexión y resistencia a compresión.

En la Figura 1 se muestran los valores de densidad aparente obtenidos. Los resultados muestran valores similares a los compuestos de referencia. En general, las muestras formuladas con gel de sílice en polvo presentan valores de densidad ligeramente superiores respecto a sus equivalentes con gel de sílice granulado, lo cual se atribuye a una mejor dispersión del gel de sílice en la matriz de yeso y a una menor porosidad.

Las muestras de referencia Y-REF y E-REF presentan densidades de 1,16 g/cm³ y 0,99 g/cm³ respectivamente. En los compuestos de yeso, la incorporación de gel de sílice en polvo no modifica de forma significativa la densidad, mientras que en la escayola se observa un ligero incremento progresivo con el contenido gel de sílice en polvo, alcanzando un valor máximo de 1,05 g/cm³ con 20 % de GS-p.

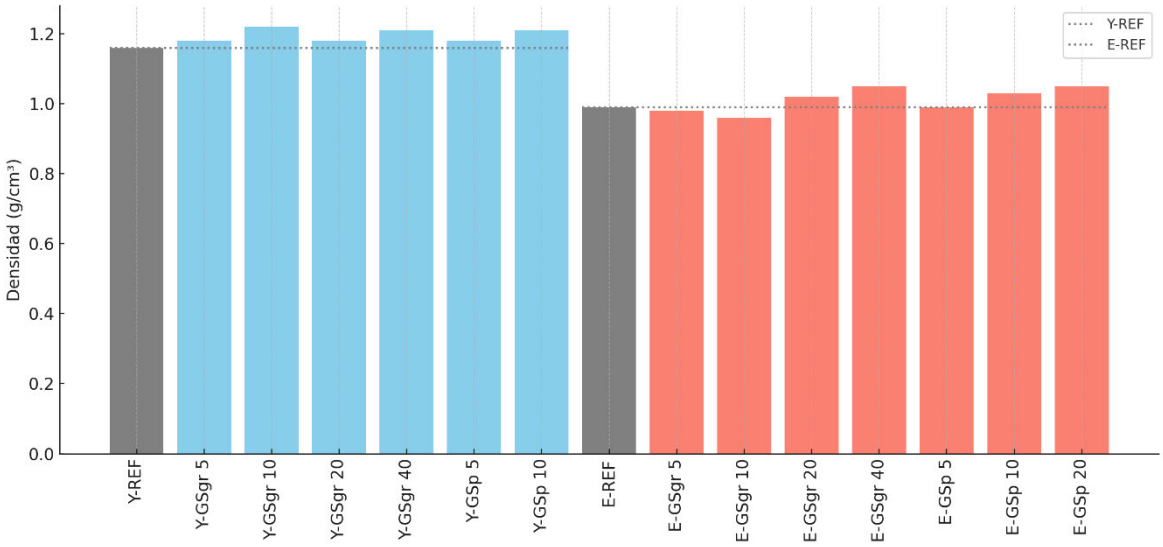


Figura 1. Densidad media por composición con barras de error estándar (g/cm³).

La figura 2 muestra las resistencias a flexión medias obtenidas para todos los compuestos analizados. La resistencia a flexión de los compuestos muestra una tendencia decreciente al aumentar la proporción de gel de sílice granulado, tanto en el yeso como en la escayola. No obstante, todos los valores superan el mínimo establecido por normativa.

Por el contrario, los compuestos con gel de sílice en polvo presentan un comportamiento más favorable, especialmente con la escayola. La incorporación de 10% de gel de sílice en polvo alcanza el valor más alto de resistencia a flexión (5,01 MPa), superando incluso a la muestra de referencia en un 41%. Esto podría deberse a un efecto de refuerzo mecánico producido por la distribución fina del gel de sílice en la matriz. Esto indica que el gel de sílice en polvo no solo no debilita la matriz, sino que incluso puede mejorar su cohesión interna, probablemente por una distribución más homogénea y una mejor interacción con los cristales del yeso.

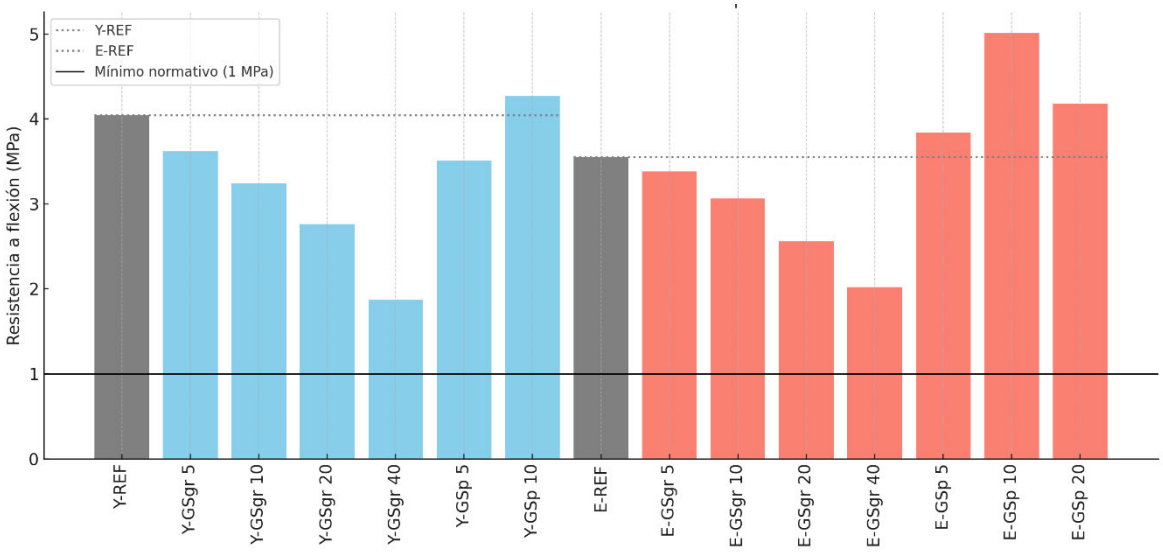


Figura 2. Resistencia a flexión por composición (MPa).

En la Figura 3, se observa una tendencia similar en cuanto a la resistencia a compresión. En términos de resistencia a compresión, los resultados con gel de sílice en polvo reflejan una clara mejoría con respecto a los valores de referencia, tanto para el yeso como para la escayola. La muestra E-GSp 20 en concreto, alcanzó el valor más alto (14,85 MPa), superando en un 76,3% el valor de la referencia E-REF (8,42 MPa).

Al igual que en flexión, las muestras con gel de sílice granulado al 40 % muestran resistencias significativamente más bajas, aunque en todos los casos se mantuvieron por encima del umbral mínimo de 2 MPa exigido por normativa. Este resultado confirma que el uso de gel de sílice en polvo permite no solo mantener, sino incluso mejorar significativamente la resistencia mecánica respecto a la muestra sin adiciones, mientras que el gel granulado tiende a debilitar la estructura, especialmente en altas proporciones.

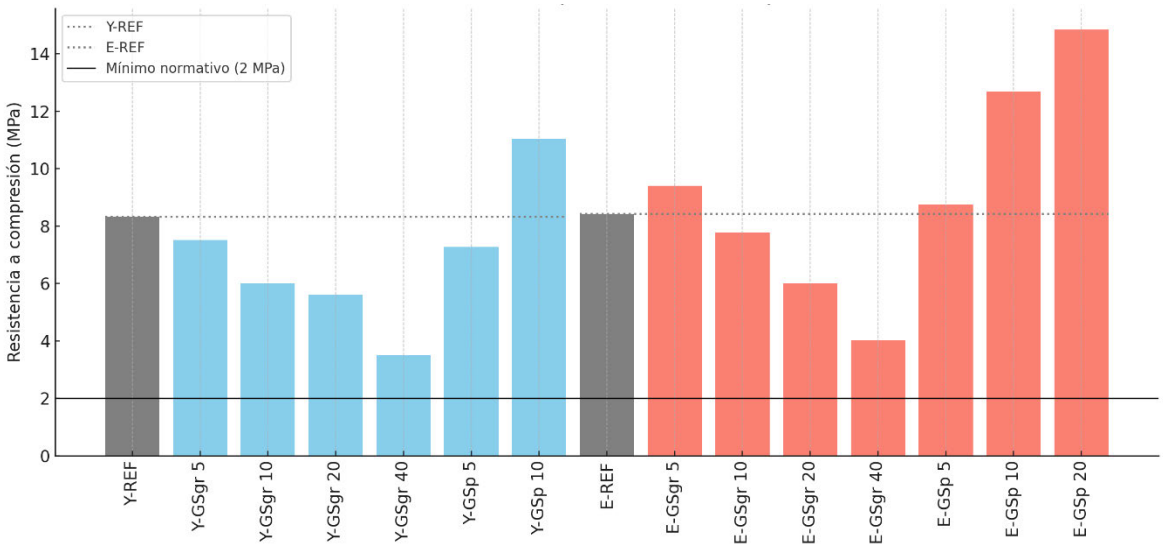


Figura 3. Resistencia a compresión por composición (MPa).

5. CONCLUSIONES

La incorporación de gel de sílice como adición en matrices de yeso o escayola permite modificar sus propiedades mecánicas, con diferencias significativas según la forma (granulado/polvo). En concreto, de los resultados obtenidos en este trabajo, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Es posible incorporar hasta un 40% de gel de sílice granulado y un 10 o 20% de gel de sílice en polvo en compuestos de yeso o escayola, para su utilización como material de construcción, ya

que su comportamiento mecánico sobrepasa los valores mínimos establecidos en la normativa y mantienen una densidad aparente similar a los yesos tradicionales.

- Los mejores resultados de resistencia mecánica se obtuvieron con la adición de 10 y 20% de gel de sílice en polvo, tanto en compuestos de yeso como de escayola. No obstante, los resultados resaltan la resistencia obtenida con los compuestos de escayola donde la resistencia a flexión aumentó 41 % y la compresión un 76% con respecto a la referencia.
- En contraste, los compuestos con gel de sílice granulado, especialmente a altas dosificaciones (40 %), mostraron una disminución de la resistencia aunque los valores obtenidos fueron siempre por encima de la mínima establecida en la normativa.

En definitiva, el gel de sílice en polvo muestra un comportamiento favorable en todas las propiedades analizadas, superando a la muestra de referencia en resistencia y manteniendo una densidad similar a la referencia. En cambio, el gel granulado reduce ligeramente la densidad pero no mejora las propiedades mecánicas, lo que puede ser útil en aplicaciones que requieran aligeramiento, pero no cuando se prioriza la resistencia.

AGRADECIMIENTOS

Estos resultados son parte del proyecto de I+D+i PID2022-138002OA-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ y “FEDER Una manera de hacer Europa”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GhaffarianHoseini, A., AlWaer, H., Omrany, H., GhaffarianHoseini, A., Tookey, J., & Wang, Z. (2018). Sick building syndrome: Are we doing enough? Building and Environment, 144, 135–157. https://doi.org/10.1080/00038628.2018.1461060

Lechner, N. (2015). Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects (4th ed.). John Wiley & Sons.

Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2011). Nano-engineered concrete: A review on materials and techniques for air-purifying and self-cleaning surfaces. Construction and Building Materials, 25(2), 582–590.

Salthammer, T., Uhde, E., Schripp, T., Schieweck, A., Morawska, L., Mazaheri, M., ... & Weschler, C. J. (2018). Children’s well-being at schools: Impact of climatic conditions and air pollution. Environment International, 118, 145–154. https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.05.009

Saint-Gobain (2022). Placo® Active Air: Solución para mejorar la calidad del aire interior. https://www.saint-gobain.es

Tang, Z., Zhang, Y., Li, L., & Chen, X. (2018). Application of mesoporous silica in building materials: Effects on air purification and mechanical properties. Building and Environment, 138, 1–10.

Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, and health – An overview. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 221(3), 376–390. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.015

Yu, C., Li, S., Wang, X., Zhang, L., & Han, X. (2019). Silica gel-based composite building materials for humidity control and VOC adsorption. Journal of Building Engineering, 25, 100827.

Zhang, H., Wang, J., Li, J., & Fang, J. (2020). Silica-based materials for indoor air purification: Adsorption mechanisms and modification strategies. Journal of Hazardous Materials, 384, 121375.

DEL PATRIMONIO AL DIAGNÓSTICO: PROPUESTA METODOLÓGICA HBIM-BEM PARA LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS TRADICIONALES EN EXTREMADURA

FROM HERITAGE TO DIAGNOSIS: HBIM-BEM METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY IN TRADITIONAL BUILDINGS IN EXTREMADURA

Mailen Stephany Álvarez Rojas [(1)], Jose Manuel Lorenzo Gallardo[(2)], Marta Lucas Bonilla [(3)], María Beatriz Montalbán Pozas [(4)]

[1] Universidad de Extremadura, Cáceres, España, mailenstar@unex.es
[2] Universidad de Extremadura, Cáceres, España, jlorenzor@unex.es
[3] Universidad de Extremadura, Cáceres, España, malucasb@unex.es
[4] Universidad de Extremadura, Cáceres, España, bmpozas@unex.es

RESUMEN

Este estudio presenta una propuesta metodológica basada en el uso de herramientas BIM para el análisis energético en edificaciones de arquitectura tradicional. Se trabaja sobre modelos HBIM previamente levantados mediante láser escáner y nubes de puntos de tres edificios ubicados en la región de Extremadura: el Palacio Carvajal (Cáceres), una casa de pescadores (Herrera de Alcántara) y el Colegio General Navarro (Badajoz).

La investigación se centra en evaluar la eficiencia energética de los edificios, a través de dos etapas. En la primera, se optimiza el modelo BIM para garantizar la coherencia geométrica y constructiva, aspectos fundamentales para lograr un diagnóstico preciso. En esta etapa se tiene en cuenta tanto la volumetría como la caracterización energética detallada de los componentes constructivos, empleando una biblioteca de materiales propia.

En la segunda etapa, se realiza un análisis energético que convierte los modelos BIM en BEM, a través de varias herramientas BIM especializadas. Esto permite comparar resultados, evaluar el rendimiento de estas y generar diagnósticos energéticos individualizados para cada edificio.

Como aporte principal, se plantea un flujo de trabajo ordenado y consistente para el análisis energético de arquitectura tradicional mediante HBIM BEM, con potencial aplicación en procesos de rehabilitación patrimonial. Este proceso busca ofrecer a las administraciones una herramienta técnica para la toma de decisiones informadas en futuras intervenciones.

Palabras clave: *Arquitectura Tradicional, Eficiencia energética, Metodología BIM, HBIM, BEM.*

ABSTRACT

This study presents a methodological proposal based on the use of BIM tools for energy analysis in buildings of traditional architecture. The work is carried out using HBIM models previously generated through laser scanning and point clouds of three buildings located in the Extremadura region: the Carvajal Palace (Cáceres), a fishermen's house (Herrera de Alcántara), and the General Navarro School (Badajoz).

The research focuses on evaluating the energy efficiency of these buildings through two main stages. In the first stage, the BIM model is optimized to ensure geometric and constructive consistency—fundamental

aspects for achieving an accurate diagnosis. This stage considers both the volumetry and the detailed energy characterization of the building components, using a custom material library.

In the second stage, an energy analysis is conducted by converting the BIM models into BEM models using various specialized BIM tools. This allows for the comparison of results, the evaluation of tool performance, and the generation of individualized energy diagnostics for each building.

As a main contribution, the study proposes an organized and consistent workflow for the energy analysis of traditional architecture through HBIM-BEM, with potential application in heritage rehabilitation processes. This process aims to provide public administrations with a technical tool for informed decision-making in future interventions.

Keywords: *Traditional Architecture, Energy Efficiency, Methodology BIM, HBIM, BEM.*

1. INTRODUCCIÓN

Arquitectura tradicional y sus desafíos

La arquitectura tradicional, es en esencia, una de las expresiones más auténticas de como el ser humano ha aprendido con el paso del tiempo a habitar el mundo que le rodea (Rudofsky, 1964) . Esta arquitectura forma un conjunto de soluciones constructivas desarrolladas a lo largo del tiempo por comunidades locales de manera empírica, sin la intervención de arquitectos como los conocemos en la actualidad y que se transmitieron de generación en generación. De este modo, estas soluciones se han ido adaptando a las condiciones climáticas, geográficas, sociales y económicas de cada territorio. (Maldonado & Cossio, 2011)

Esta arquitectura permite su adaptación al medio y la zona donde sea desarrollada, a través del uso de materiales locales cercano al lugar de construcción (piedra, barro, madera, cal, entre otros) junto con las técnicas constructivas transmitidas. Estas construcciones no solo cumplen funciones habitacionales, también reflejan historia, valores culturales, modos de vida y conocimientos ancestrales arraigados en cada comunidad. (Guerrero Baca, 2010). A diferencia de la arquitectura contemporánea, que busca estandarizar la construcción por medio de materiales industriales(Vargas Febres 2021).

A pesar de carecer de normativa o documentación técnica detallada, la arquitectura tradicional se considera un modelo primitivo de sostenibilidad y desarrollo de eficiencia energética que integraba de forma pasiva en su construcción soluciones que minimizan el impacto ambiental, optimiza los recursos disponibles y promueve una relación en armonía con el entorno(Tillería González 2010). Su estudio y conservación no solo es importante desde una perspectiva potencialmente patrimonial, sino que también ofrece lecciones importantes para el diseño arquitectónico contemporáneo, especialmente en el contexto actual de crisis energética y cambio climático (De Hoz Onrubia, 2021).

Gestión de la arquitectura tradicional y la metodología BIM

Actualmente, el interés y el desafío de recuperar y revalorizar este tipo de arquitectura desde una perspectiva energética ha crecido, tanto en el ámbito académico como en las políticas públicas. Sin embargo, las intervenciones presentan restricciones técnicas que exigen un enfoque más riguroso y cuidadoso, para evitar comprometer su integridad de carácter patrimonial (Angulo Angulo, 2024).

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar metodologías como BIM (Building Information Modeling), que permiten realizar un seguimiento detallado de las edificaciones de arquitectura tradicional y evaluar su comportamiento energético, teniendo en cuenta ciertas consideraciones específicas sobre la modelación y los datos que deben incluirse en el proceso(Nieto et al. 2017).

Especialidades HBIM y BEM como flujo de trabajo

Para integrar este tipo de arquitectura en esta gran metodología se abordan dos especialidades (Prado Costa, Mizrahy Cuperschmid, & Oliveira Neves, 2024). La primera, encargada de gestionar construcciones de tipo histórico, en donde no solo representan puntualmente la geometría del edificio, sino que también se integra la información sobre sus materiales, sistemas constructivos y condiciones de uso; se denomina HBIM (Heritage Building Information Modeling) y la forma de captar la información de este tipo de construcciones se basa en el uso de laser escáner 3D y nubes de puntos con gran precisión que permite el levantamiento de la geometría y el estado de conservación de los edificios históricos y a partir de estos datos, se pueden generar modelos HBIM.(Bulgarelli-Bolaños, Hernández-Salazar, and Pinto-Puerto 2020)

Por otra parte, desde la especialidad de análisis energético BEM (Building Energy Modeling), se busca estimar el consumo energético de las edificaciones a partir de las simulaciones enfocadas en la geometría y componentes de instalaciones de las construcciones, teniendo en cuenta parámetros de entrada que complementen la información de su contexto, como pueden ser las condiciones climáticas, los horarios de funcionamiento de los edificios, las condiciones climáticas, entre otros.(Pérez Fajardo 2019) (Prada Hernández 2014).

Interoperabilidad HBIM a BEM

La interoperabilidad entre las especialidades HBIM y BEM representa un desafío significativo en la digitalización y organización de la arquitectura tradicional que se han estudiado durante los últimos años (Asdrubali, Manzo, and Grazieschi 2021). Su integración requiere superar barreras técnicas como la compatibilidad entre formatos de archivo, la complejidad de los modelos y la necesidad de una formación adecuada de los equipos de trabajo que hacen parte de los proyectos(Nieto et al. 2017).

De esta manera, se busca la creación de flujos de trabajo integrados, los cuales pretenden generar un puente entre las diferentes herramientas BIM, por medio del uso de formatos abiertos como “IFC” (Industry Foundation Classes) el cual permite compartir modelos BIM entre diferentes softwares y “gbXML” (Green Building XML) que está diseñado para transferir datos hacia motores de simulación energética.(Asdrubali et al. 2021) La correcta implantación de este tipo de recursos depende también de las buenas prácticas de modelado y coherencia constructiva a la hora su digitalización, reduciendo los errores y mejorando la calidad de los datos exportados(Angulo 2024)

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Desarrollar y validar una propuesta metodológica basada en un flujo de trabajo que permite la integración HBIM a BEM para la evaluación de la eficiencia energética en edificaciones de arquitectura tradicional de la región de Extremadura, con el fin de contribuir a su diagnóstico técnico y el apoyo a procesos de rehabilitación en construcciones con características similares o patrimoniales a las entidades competentes.

2.2 Objetivos Específicos

- Optimizar el modelado HBIM de edificaciones tradicionales mediante el ajuste geométrico preciso y la caracterización térmica de elementos, utilizando una biblioteca de materiales basada en sistemas constructivos locales.
- Aplicar herramientas BIM especializadas para convertir los modelos HBIM a BEM, que permitan aplicar simulaciones energéticas comparativas para desarrollar diagnósticos individuales en cada caso de estudio.
- Identificar los alcances y limitaciones de la aplicación del proceso metodológico aplicado, con el fin de ofrecer a las administraciones una herramienta técnica para la toma de decisiones informadas en futuras intervenciones.

3. METODOLOGÍA

3.1 Casos de estudio

La presente investigación se desarrolla a partir de un flujo de trabajo estructurado para el análisis energético de edificaciones tradicionales mediante la integración de modelos HBIM con herramientas de simulación energética BEM. Esta metodología se aplica a tres casos de estudio representativos de la región de Extremadura: el Palacio Carvajal en Cáceres, una casa de pescadores en Herrera de Alcántara y el Colegio General Navarro en Badajoz. Estas construcciones, de tipologías y escalas diversas, permiten validar la versatilidad del enfoque propuesto, tanto por sus usos como por su extensión y complejidad.

En cuanto, al primer caso de estudio, la Casa de pescadores está ubicada en herrera de Alcántara a unos 127msnm, un municipio del oeste de la provincia de Cáceres, a pocos metros del rio tajo y la frontera con Portugal. Se muestra como una edificación sencilla, de una planta y con un área aproximada de 55 m2. Se

considera de tipo residencial, cumpliendo con las necesidades de la época que, para este sector seria, suplir la vivienda para las familias que dependían de la actividad productiva de la pesca para sostenerse. Dentro de los materiales empleados en su construcción se destacan la piedra pizarra tanto en forjado como en muros, la madera tipo tanto en su carpintería interna como externa, así mismo para la estructura de la cubierta a dos aguas que se compone por teja cocida (Figura 16)



Figura 16 (izq) Localización y (der) vista general de la casa de pescadores. Fuente: (izq)Google Earth (der)Propia.

En el interior de la vivienda se observa una intervención realizada posteriormente a la fecha de construcción original, mediante la incorporación de dos espacios denominados “habitaciones” y baño, pero estos últimos espacios se muestran hechos con tabique hueco senillo recubierto con mortero aparentemente de cemento. (Figura 17) En cuanto a su emplazamiento, la vivienda se ubica sobre un terreno en pendiente que cubre la mitad de la altura de su fachada posterior, de esta manera se muestra contacto directo con el terreno.

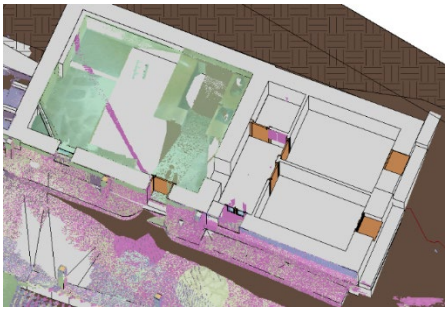


Figura 17. Distribución interior de la casa de pescadores

El siguiente caso de estudio, CEIP General Navarro, ubicado en el centro del municipio de Badajoz, es una construcción de arquitectura tradicional que data de los años 30, y es actualmente una institución educativa de primaria. En sus dos plantas más cubierta a múltiples aguas, cuenta un área aproximada de construcción de 1100 m2. Los materiales que se destacan en esta construcción son el ladrillo cocido, la estructura en cubierta de madera, materiales que para su época de construcción se consideraban óptimos para desarrollar la construcción y a los cuales tenían facilidad. En cuando a su desarrollo puede apreciarse la morfología simétrica del edificio y al interior la adaptación de algunos espacios para cumplir con la función educativa que aporta al territorio. Este edificio tiene una complejidad mayor en cuanto a modelado, por sus dimensiones y espacios internos (Figura 18).

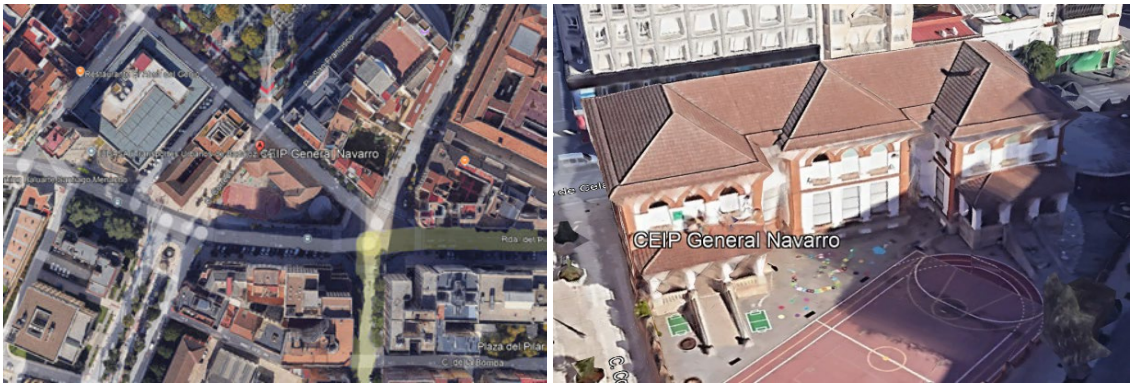


Figura 18. (izq) Localización y (der) vista general Del Colegio General Navarro. Fuente: Google Earth.

Finalmente, el Palacio Carvajal, edificio histórico que data del siglo XV, ubicado en el centro histórico de la ciudad de Cáceres, en donde actualmente se desarrollan actividades de turismo por parte de las entidades locales. En él se muestran 3 plantas que rondan los 600 m2 y puede considerarse más antiguo que los anteriores casos de estudio. Tiene una arquitectura más orgánica en cuanto a su construcción, adaptándose a las necesidades de una vivienda el cual fue su primer uso. Dentro de los materiales más relevantes de esta construcción se muestra la sillería en pierda de Gneis, la sillería en granito y la madera para sus carpinterías. Este edificio posee un patio interior tipo claustro que se conecta con la parte posterior del edificio que es un jardín bastante nutrido. La morfología de este edificio es atípica ya que no cuenta con una simetría o pautas de diseño marcadas (Figura 19).



Figura 19. (izq) Localización y (der) vista general del Palacio carvajal. Fuente: Google Earth.

3.2 Flujo de trabajo

En relación con los casos de estudio previamente expuestos, se considera fundamental establecer un flujo de trabajo que permita diagnosticar la eficiencia energética actual de edificaciones que pertenecen a la arquitectura tradicional, así como de aquellas que comparten características similares según su contexto regional. Este enfoque no solo busca evaluar el desempeño energético de los edificios existentes, sino también generar una base metodológica replicable para futuras intervenciones en patrimonio construido.

A través de la (Figura 20) se presenta el planteamiento de dicho flujo de trabajo. Este esquema integra herramientas y procesos compatibles con las metodologías BIM (Building Information Modeling) y BEM (Building Energy Modeling), permitiendo una evaluación precisa, interoperable y adaptada a las condiciones específicas de cada zona en la que están ubicados los edificios. La propuesta considera las herramientas de Autodesk Revit y Cype, tanto por la accesibilidad en el mercado de estas como el conocimiento técnico disponible, facilitando su aplicación en contextos académicos, profesionales y patrimoniales.

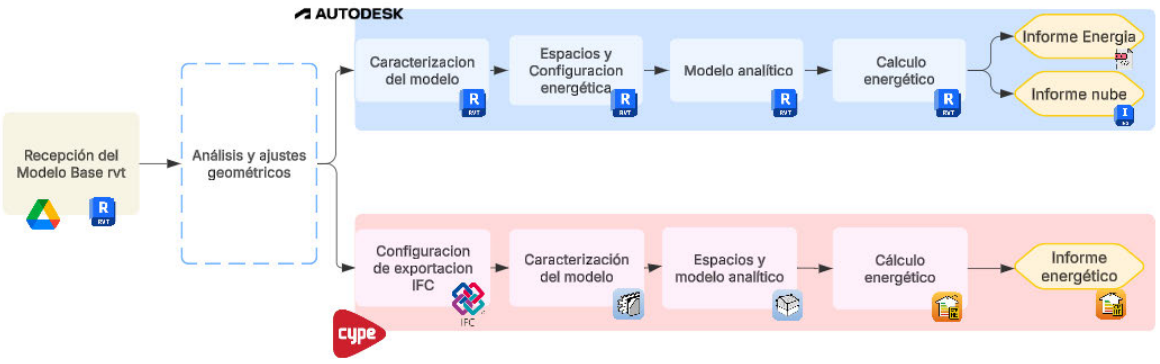


Figura 20. Flujo de trabajo para el Diagnóstico Energético BIM-BEM en la Arquitectura Tradicional

El flujo de trabajo propuesto, parte de un modelo base en formato RVT, el cual se recibe desde una plataforma colaborativa como Google Drive. Este modelo contiene la geometría arquitectónica del edificio junto con una nube de puntos levantada con láser escáner y sirve como punto de partida al ser un modelo HBIM (Heritage Building Information Modeling) y en posteriores pasos para el análisis energético. Antes de proceder con las simulaciones, se realiza una revisión y ajuste geométrico del modelo para asegurar su optimización, simplificación, precisión y compatibilidad con los procesos posteriores.

A partir de este punto, el flujo de trabajo se divide en dos caminos paralelos: uno utilizando la herramienta de Autodesk Revit ® y otro utilizando las herramientas que ofrece la casa de CYPE Ingenieros ®, por medio de sus aplicativos "Construction System", "Analitical Model" "HE Therm Plus". Ambos caminos permiten realizar un análisis energético completo, pero con enfoques y plataformas distintas, lo que favorece la interoperabilidad y la validación cruzada de resultados.

En el camino de Revit, se comienza con la caracterización del modelo, asignando propiedades térmicas y constructivas a los elementos arquitectónicos. Luego, se configuran los espacios y parámetros energéticos, definiendo zonas térmicas y condiciones de uso. A continuación, Revit genera un modelo analítico energético que representa el comportamiento térmico del edificio. Con este modelo, se ejecuta la simulación energética utilizando motores integrados como Carbon Insight, cuyo motor de cálculo es Energy Plus. Finalmente, se generan informes de consumo energético, emisiones y rendimiento, tanto en formato local como en la nube.

Por otro lado, el camino de CYPE comienza con la exportación del modelo RVT a formato IFC (Industry Foundation Classes), un estándar abierto que permite la interoperabilidad entre diferentes plataformas BIM. En CYPE, por medio del aplicativo "Construction System", se realiza la caracterización del modelo importado, asignando propiedades térmicas a los elementos constructivos. Posteriormente, se definen los espacios y se genera un modelo analítico por medio del aplicativo "Analitycal Model" el cual es compatible con los motores de cálculo de CYPE, el cual también se EnergyPlus que hace contraste con la normativa del CTE. La simulación energética se lleva a cabo a través del aplicativo "CYPETHERM HE Plus", que permiten cumplir con normativas locales. Al finalizar, se obtiene un informe energético detallado con resultados de consumo, demanda y cumplimiento normativo.

Este enfoque dual, que combina HBIM (Heritage Building Information Modeling) y BEM (Building Energy Modeling), ofrece múltiples ventajas. Permite comparar resultados entre plataformas, mejorar la interoperabilidad entre equipos multidisciplinarios y brinda flexibilidad para adaptarse a diferentes licencias y niveles de conocimiento técnico. Además, la validación cruzada entre herramientas incrementa la confiabilidad de los resultados obtenidos.

4. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación del flujo de trabajo propuesto para el diagnóstico energético en edificaciones de arquitectura tradicional. Este flujo, basado en metodologías BIM y BEM, fue implementado sobre tres casos de estudio mencionados anteriormente. Cada modelo fue desarrollado y optimizado en entorno HBIM, permitiendo su análisis energético mediante herramientas especializadas de Autodesk Revit junto con su plataforma virtual Insight, así como CYPE Therm HE Plus.

4.1 Casa de Pescadores- Herrera de Alcántara

La Casa de Pescadores, ubicada en Herrera de Alcántara, representa un ejemplo de vivienda tradicional de pequeña escala (aproximadamente 55 m²), actualmente deshabitada y con potencial de rehabilitación para fines turísticos. Su arquitectura responde a las características constructivas del siglo anterior, con materiales locales como muros de pizarra, carpinterías de madera con vidrio simple y cubierta de teja cerámica sobre estructura de madera.

Para su análisis energético, como se muestra en la Figura 21 se optimizó un modelo BIM en Autodesk Revit con un nivel de desarrollo (LOD) 250. Se realizaron ajustes geométricos esenciales, como la eliminación del terreno, corrección de uniones entre elementos constructivos y limpieza de duplicados. Posteriormente, el modelo fue exportado a formato IFC para su análisis paralelo en herramientas de CYPE, junto con el ajuste de propiedades térmicas y la generación del modelo analítico para la simulación.

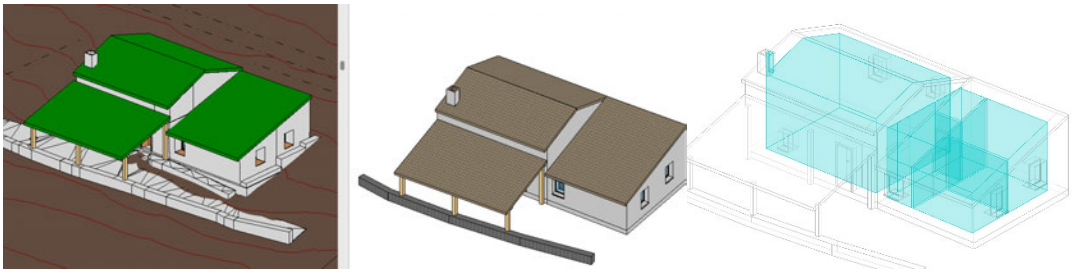


Figura 21. (izq) Modelo nativo HBIM, (centro) Modelo optimizado para simulación (der) Modelo analítico extraído del modelo optimizado de la casa de pescadores. Fuente: Propia

La envolvente térmica fue caracterizada con materiales representativos del sistema constructivo original: muros de pizarra con vegetación adosada, ventanas sin aislamiento térmico y cubierta tradicional. La zonificación térmica se definió en tres espacios: una zona principal que integra cocina y salón; un baño; y dos habitaciones añadidas. Dado que el edificio no se encuentra en uso, no se asignaron cargas internas ni horarios de ocupación. De esta manera, se genera un modelo analítico como se muestra en la Figura 21.

Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa entre ambas herramientas. En Revit como se muestra en la (Figura 22), la demanda energética total estimada fue de 405 kWh/m²/año, mientras que en CYPE se muestra en 206,31 kWh/m²/año para calefacción y 20,25 kWh/m²/año para refrigeración, como se muestra en la Figura 23.

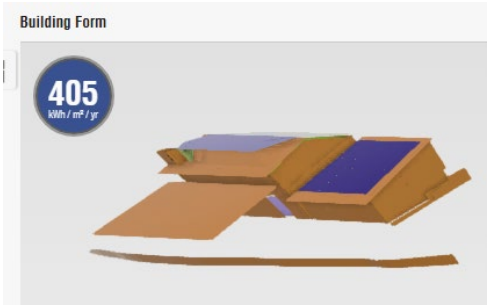


Figura 22. Resultado de demanda energética para la casa de pescadores en la plataforma Autodesk Insigth. Fuente Propia

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
< 7,7 A 7,7-17,9 B 17,9-32,4 C 32,4-54,2 D 54,2-99,8 E 99,8-108,8 F ≥ 108,8 G ← 206,31 G	< 7,8 A 7,8-12,6 B 12,6-19,5 C 19,5-30,0 D ← 20,25 D 30,0-36,9 E 36,9-45,4 F ≥ 45,4 G
Demanda de calefacción[kWh/m²·año]	Demanda de refrigeración[kWh/m²·año]

Figura 23, Informe de certificación energética en la sección de demanda por calefacción y refrigeración de Cype Therm He Plus.

No se evaluó el consumo de energía primaria ni las emisiones de CO_2, ya que el estudio se centró exclusivamente en el comportamiento de la envolvente térmica. Tampoco se asignó una etiqueta energética oficial, aunque los valores obtenidos indican un bajo rendimiento térmico, característico de edificaciones tradicionales sin intervención.

4.2 Colegio General Navarro-Badajoz

El CEIP General Navarro, ubicado en la ciudad de Badajoz, es una edificación de carácter educativo con una superficie aproximada de 1.100 m². Su arquitectura responde a los principios constructivos tradicionales de los años 30, con muros de ladrillo cocido revestidos con mortero, forjados terminados en baldosa de barro cocido y una cubierta de teja cerámica sobre estructura de madera. Actualmente, el edificio continúa en uso como institución educativa.

Para su análisis energético, se empleó un modelo BIM en Autodesk Revit con un nivel de desarrollo (LOD) 250. Durante el proceso de optimización, el cual es más complejo que el anterior, se realizaron ajustes geométricos significativos, incluyendo la simplificación de geometría, limpieza de elementos duplicados,

eliminación de componentes no relevantes para la simulación, corrección de uniones entre elementos constructivos y unificación de espesores en los muros. El modelo fue posteriormente exportado a formato IFC para su análisis paralelo en herramientas de CYPE y en paralelo se generó un modelo analítico para la simulación dentro de la plataforma de Autodesk Insigth (Figura 24)



Figura 24. (izq) Modelo nativo HBIM, (centro) Modelo optimizado para simulación (der) Modelo analítico extraído del modelo optimizado del Colegio General navarro. Fuente: Propia

La caracterización energética de la envolvente se basó en los materiales originales del edificio. La zonificación térmica se definió en función de los espacios funcionales del colegio que arroja alrededor de 46 habitaciones. Las condiciones de uso se establecieron según el horario escolar habitual, lo que implica una ocupación intermitente durante el día en días laborables. El análisis se realizó considerando la zona climática C, conforme a la normativa española.

Con las mismas rutas de simulación aplicadas al anterior caso de estudio. En Revit, la demanda energética total estimada fue de 229,58 kWh/m²/año, como se muestra en la Figura 25. En el caso de CYPE, aunque inicialmente no se generó un informe de certificación energética, sí se obtuvieron resultados parciales de simulación que muestran una energía total del edificio de 159.762,92 kWh. En cuanto a la energía total de la fuente, se registraron 511.049,70 kWh. Estos valores permiten tener una primera aproximación al comportamiento energético del edificio, aunque no se haya generado una certificación formal. La ausencia del informe puede deberse a limitaciones en la configuración del uso del edificio o a incompatibilidades de modelado, que aún se están revisando (Figura 26).

Durante el modelado y la simulación se identificaron algunas dificultades técnicas, principalmente relacionadas con la correcta unión entre muros y forjados, así como la necesidad de homogeneizar espesores de muros para garantizar la coherencia del modelo analítico. La comparación entre herramientas evidenció diferencias en la forma de interpretar los datos geométricos y energéticos, lo que refuerza la importancia de validar los modelos antes de la simulación.

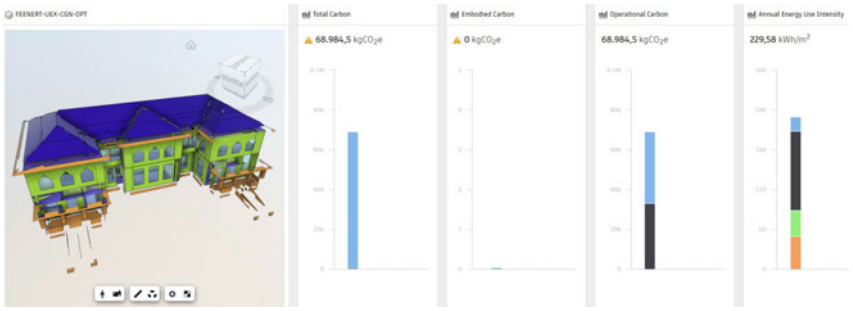


Figura 25. Resultado de demanda energética para el Colegio General Navarro en la plataforma Autodesk Carbon Insigth. Fuente: Propia

No se evaluó el consumo de energía primaria ni las emisiones de CO_2, ya que el estudio se centró exclusivamente en el comportamiento de la envolvente térmica. Tampoco se obtuvo una etiqueta energética oficial, aunque los valores obtenidos reflejan un rendimiento térmico mejorable, especialmente considerando el uso educativo del edificio.

Energía del sitio y de la fuente

	Energía total [kWh]	Energía por superficie total construida [kWh/m2]	Energía por superficie edificada acondicionada [kWh/m²]
Energía total del sitio	159762.92	59,70	80.68
Energía del sitio neto	159762.92	59,70	80.68
Energía total de la fuente	511049.70	190.98	258.09
Energía de fuente neta	511049.70	190.98	258.09

Figura 26. Informe de consumo extraído de Cype Therm HE plus para el Colegio General Navaro. Fuente: Propia.

4.3 Palacio Carvajal- Cáceres

El Palacio Carvajal, situado en el centro histórico de Cáceres, es una edificación patrimonial del siglo XV que actualmente alberga funciones administrativas y turísticas bajo la gestión del ayuntamiento. Con una superficie aproximada de 650 m² distribuidos en tres plantas, el edificio presenta una envolvente compuesta por muros de sillería de granito y piedra gneis, revestidos con mortero, por lo menos en su interior, forjados terminados en baldosa de barro cocido y cubierta de teja cocida sobre estructura de madera.

El modelo BIM fue desarrollado en Autodesk Revit con un nivel de desarrollo (LOD) 250. Durante el proceso de modelado se realizaron múltiples ajustes geométricos: simplificación de geometría que no aplica para la simulación como los muros del jardín interior, limpieza de elementos duplicados y niveles innecesarios , corrección de uniones entre muros y forjados, unificación de espesores de muros y ajustes en la cubierta. El modelo fue exportado a formato IFC para su análisis en herramientas de CYPE y en paralelo se generó un modelo analítico para la simulación dentro de la plataforma de Autodesk Insigth (Figura 27)



Figura 27. (izq) Modelo nativo HBIM, (centro) Modelo optimizado para simulación (der) Modelo analítico extraído del modelo optimizado del Palacio Carvajal. Fuente: Propia

La caracterización energética se centró en la envolvente térmica original, y la zonificación térmica se definió en función de los espacios funcionales del edificio, aproximadamente 32 habitaciones. Las condiciones de uso se establecieron como ocupación en horario laboral de lunes a viernes, en línea con su uso administrativo actual. El análisis se realizó bajo la zona climática C, conforme a la normativa española.

Se intentó aplicar el flujo de trabajo en ambas rutas: Autodesk Revit (Insight) y CYPE Therm HE Plus. Sin embargo, en ambos casos se presentaron dificultades técnicas que impidieron obtener resultados completos. En Revit Insight, la simulación no arrojó resultados de demanda energética, únicamente un valor de huella de carbono, posiblemente debido a problemas de georreferenciación del modelo o a errores en la definición de niveles y zonas térmicas. En CYPE, tampoco se generó el informe de certificación energética. Esta situación se atribuye a la complejidad e irregularidad del modelo, el exceso de niveles superpuestos, la fragmentación de elementos constructivos y la falta de continuidad en la envolvente, lo que impide al motor de cálculo interpretar correctamente el modelo analítico (Figura 28).

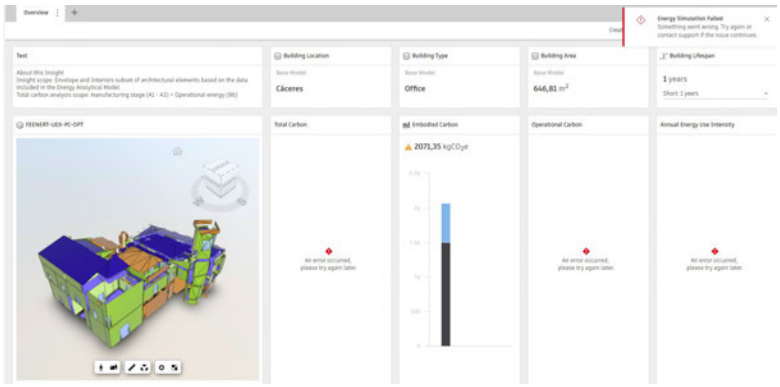


Figura 28 Resultado de demanda energética para el Palacio Carvajal en la plataforma Autodesk Carbon Insigth. Fuente: Propia.

5. CONCLUSIONES

La aplicación del flujo de trabajo HBIM-BEM en edificaciones tradicionales de Extremadura ha evidenciado tanto el potencial como las limitaciones de las herramientas digitales actuales para el diagnóstico energético de este tipo de arquitectura tradicional con potencial patrimonial. La investigación ha demostrado que la complejidad geométrica, la morfología irregular y la diversidad constructiva de los edificios tradicionales representan un reto significativo para la generación de modelos analíticos válidos y funcionales en las simulaciones energéticas.

Uno de los hallazgos más relevantes es que la calidad del modelado HBIM influye directamente en la capacidad de las plataformas para generar simulaciones energéticas coherentes. La necesidad de simplificar geometrías, corregir uniones entre elementos, unificar espesores y eliminar niveles innecesarios fue constante en los tres casos de estudio. Estas tareas, aunque necesarias, requieren un conocimiento técnico avanzado y una comprensión profunda del comportamiento constructivo original del edificio.

Asimismo, se identificó una fuerte dependencia de las plataformas utilizadas. Autodesk Revit e Insight, por un lado, y CYPE Therm HE Plus, por otro, ofrecen enfoques distintos que no siempre convergen en resultados comparables. La interoperabilidad entre ambas rutas, aunque posible mediante formatos como IFC, se ve limitada por la forma en que cada software interpreta la geometría, los materiales y las condiciones de uso. Esto refuerza la importancia de validar los modelos antes de la simulación y de establecer criterios comunes de modelado y caracterización energética.

En cuanto a los resultados, se observaron diferencias significativas entre las herramientas, especialmente en edificaciones con mayor complejidad como el Palacio Carvajal. En algunos casos, no fue posible obtener informes completos de certificación energética debido a errores de modelado, problemas de georreferenciación o incompatibilidades normativas. Esto pone de manifiesto la necesidad de seguir desarrollando metodologías específicas para el patrimonio construido, que consideren sus particularidades y permitan una integración más fluida con los motores de cálculo actuales.

Finalmente, el estudio confirma que el flujo de trabajo propuesto no solo permite identificar oportunidades de mejora en las edificaciones de arquitectura tradicional, sino que también ofrece a las administraciones públicas una herramienta técnica robusta para la toma de decisiones informadas en procesos de conservación y rehabilitación energética.

AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación se acoge dentro del proyecto 0083 FEENERT_4_E y está cofinanciada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER a través del Programa Interreg V-A España-Portugal (POCTEP) 2014-2020”.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Angulo Angulo, E. C. (2024). METODOLOGÍA HBIM APLICADA AL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO. RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental, 1-16. doi:: https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n11-158

De Hoz Onrubia, J. (7 de 2021). Arquitectura tradicional y sostenibilidad. Arquitectura industrial e insostenibilidad. revista PH. doi: https://doi.org/10.33349/2021.104.4984

Guerrero Baca, L. (2010). La herencia de la arquitectura tradicional. Alarife, 8-26. doi: ISSN 1657-6101

Maldonado, L., & Cossio, V. L. (2011). El patrimonio arquitectónico construido con tierra. Las aportaciones historiográficas y el reconocimiento. Informes de la Construcción, 71-80. doi:https://doi.org/10.3989/ic.10.062

Prado Costa, A., Mizrahy Cuperschmid, A. R., & Oliveira Neves, L. (2024). HBIM and BEM association: Systematic literature review. Journal of Cultural Heritage, 551-561. doi:https://doi.org/10.1016/j.culher.2024.01.008

Rudofsky, B. (1964). Architecture without architects. New York: Doubleday.

Angulo, Edinson Christofer Angulo. 2024. “HBIM Methodology Applied to Architectural Heritage.” *Revista de Gestão Social e Ambiental* 18(11):e09878. doi: https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n11-158

Asdrubali, Francesco, Manuel Manzo, and Gianluca Grazieschi. 2021. “Interoperability between BIM and Building Energy Modelling – a Case Study.” https://doi.org/10.26868/25222708.2021.30849

Bulgarelli-Bolaños, Jose Pablo, Ileana Hernández-Salazar, and Francisco Pinto-Puerto. 2020. “Evolución de La Producción Científica Sobre Los Conceptos HBIM y Modelado 3D En La Gestión de Obras Patrimoniales.” *Revista Tecnología En Marcha*. doi: https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5512

Nieto, Enrique, Daniel Antón, Fernando Rico, and Juan José Moyano. 2017. “BIM Methodology in Building Engineering Degree: Workshop in Graphical Expression of Technologies Subject = Metodología BIM En El Grado de Edificación: Modelo de Taller En La Asignatura Expresión Gráfica de Tecnologías.” *Building & Management* 1(1):38. doi: https://doi.org/10.20868/bma.2017.1.3523

Pérez Fajardo, José Bernardo. 2019. “Integración de Modelos BIM En Rehabilitación Energética. Caso: Bloque 11, Fase II - La Verdellada.” http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/17452

Prada Hernández, Andrea Victoria. 2014. “Interoperabilidad de La Modelación Energética de Edificaciones (BEM) Con El Modelado de Información de Construcción (BIM): Experiencia Con El Diseño de Un Edificio de Oficinas En Colombia Andrea Prada-Hernández, Universidad de Los And.” Trabajo de grado - Maestría, Universidad de los Andes, Bogoté DC.

Tillería González, Jocelyn. 2010. “LA ARQUITECTURA SIN ARQUITECTOS, ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE ARQUITECTURA VERNÁCULA.” *Revista AUS* 8:12–15. https://doi.org/10.4206/aus.2010.n8-04

Vargas Febres, Carlos Guillermo. 2021. “Reflexiones Sobre Arquitectura Vernácula, Tradicional, Popular o Rural.” *Arquitectura y Urbanismo* XLII:146–63.

REFLEXIONES ACERCA DE LA DUCTILIDAD DE LAS ARMADURAS DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

REFLECTIONS ON THE DUCTILITY OF REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Alfonso Cobo Escamilla[(1)], Isabel Priteo Barrio[(2)], Tomás Gómez Prieto[(3)], Fernando Israel Olmedo Zazo[(4)], Alejandro Martínez Gordon[(5)], Alberto Leal Matilla[(6)]

[1] Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, alfonso.cobo@upm.es
[2] Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, mariaisabel.prieto@upm.es
[3] Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, tomas.gomez.prieto@upm.es
[4] Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, fi.olmedo.zazo@upm.es
[5] Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, alejandro.mgordon@upm.es
[6] Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, alberto.leal.matilla@upm.es

RESUMEN

Habitualmente se relaciona la ductilidad de una estructura con su capacidad de deformación, una vez que se ha alcanzado el límite elástico en alguna de sus partes. Es un requisito deseable en todas las ocasiones e imprescindible en otras, como en el caso de estructuras situadas en zonas sísmicas o sujetas a acciones accidentales como explosiones.

En estructuras de hormigón armado, la ductilidad de sus armaduras puede contribuir de una manera decisiva a la ductilidad de toda la estructura.

Con el paso de los años, tanto la normativa española, con las Instrucciones EH, EHE y el Código Estructural, como la normativa internacional han dedicado cada vez más atención a los requisitos de ductilidad exigidos a las armaduras.

En este trabajo i) se realiza una revisión histórica de los requisitos de ductilidad exigidos por la normativa; ii) se analizan los requisitos exigidos en la actualidad, comparando Código Estructural con Eurocódigo 2, ACI 318 y Código Modelo; iii) se realiza un análisis crítico del concepto de acero equivalente definido por Cosenza en la década de los 90 y que actualmente aparece en el Código Modelo; y iv) se analizan las capacidades de redistribución que todas las normas enumeradas en el apartado (ii) permiten.

Los resultados permiten afirmar que i) ha existido una variación significativa en cuanto a los requisitos de ductilidad exigidos por las normas a lo largo del tiempo; ii) los requisitos de ductilidad y las capacidades de redistribución especificados por el Código Estructural, el Eurocódigo 2 y el Código Modelo son muy similares entre sí y difieren significativamente de lo regulado en ACI 318; y iii) la dependencia del acero equivalente con la capacidad de rotación de una rótula plástica enunciado por Cosenza solo es válida cuando la profundidad de fibra neutra se mantiene dentro de unos límites.

Palabras clave: *Armadura; Hormigón; Ductilidad; Redistribución; Normativa*

ABSTRACT

The ductility of a structure is usually related to its capacity to deform once the elastic limit has been reached in one of its parts. It is a desirable requirement in all cases and essential in others, such as structures located in seismic zones or subject to accidental actions such as explosions.

In reinforced concrete structures, the ductility of their reinforcements can contribute decisively to the ductility of the entire structure.

Over the years, both Spanish regulations, with Instructions EH, EHE, and the Structural Code, as well as the international standards have devoted more and more attention to the ductility requirements for reinforcements.

In this work: (i) a historical review of the ductility requirements required by the regulations is carried out; (ii) the requirements currently required is analysed, comparing Structural Code with Eurocode 2, ACI 318, and Model Code; iii) a critical analysis is performed of the concept of equivalent steel, defined by Cosenza in the 1990s and currently included in the Model Code; and iv) the redistribution capacities permitted by all the standards listed in section (ii) are analyzed.

The results show that i) there has been significant variation in the ductility requirements required by the standards over time; ii) the ductility requirements and redistribution capacities specified by the Structural Code, Eurocode 2, and the Model Code are very similar to each other and differ significantly from what is regulated in ACI 318; and iii) the dependence of equivalent steel on the rotation capacity of a plastic hinge, as stated by Cosenza, is only valid when the neutral fiber depth remains within certain limits.

Keywords: *Reinforcement; Concrete; Ductility; Redistribution; Regulation*

1. INTRODUCCIÓN

La ductilidad puede definirse como la propiedad de un material, sección, elemento o sistema estructural relacionada con su capacidad para adaptarse a deformaciones o disipar energía. La ductilidad determina la capacidad de una estructura para experimentar deformaciones más allá del límite elástico sin fallar hasta que se produzcan deformaciones plásticas excesivas en uno o más elementos (Mari Bernat, 1987a). La ductilidad se caracteriza por la aparición de deformaciones irreversibles y por la disipación de energía, más allá del límite elástico.

La ductilidad de una estructura es una propiedad muy importante cuando se considera la redistribución de momentos flectores o cuando va a estar sometida a cargas sísmicas o a cargas de impacto (Mari Bernat, 1987b). Tradicionalmente se ha admitido que la ductilidad del acero es uno de los factores que condiciona la ductilidad de la estructura, porque influye en la capacidad de giro de las rótulas plásticas (Luo, D., & Li, B., 2023). Las dos propiedades que usualmente se emplean para evaluar la ductilidad de un acero son la deformación repartida medida en el nivel de la máxima tensión (ε_{max}) y el cociente entre la máxima tensión y el límite elástico (f_s/f_y). En España, además, se utiliza la deformación medida en la zona de rotura sobre 5 diámetros ($\varepsilon_{u5\emptyset}$). En la (Figura 1) se muestra un diagrama tensión deformación típico de un acero de armar con los parámetros indicados.

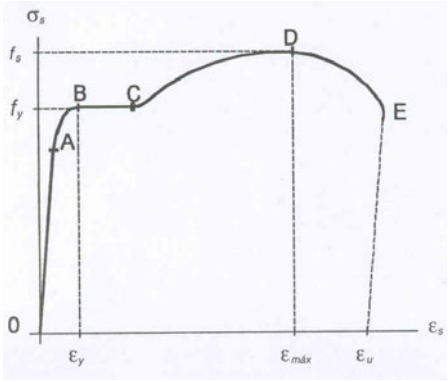


Figura 1. Parámetros que evalúan la ductilidad de un acero de armar

2. NECESIDAD DE DUCTILIDAD

Existe un consenso generalizado en la necesidad, o al menos en los beneficios, de que las estructuras cuenten con la suficiente ductilidad. En algunos métodos de cálculo de estructuras, generalmente todos los que se apartan del elástico y lineal, un determinado nivel de ductilidad es un requisito esencial (Lopes A. & Lopes S., 2025). En algunos documentos como el Código Modelo 1990, incluso se exigía un mínimo de ductilidad para poder realizar un cálculo elástico y lineal, en este caso se exigía una profundidad de fibra neutra inferior al 45% del canto útil.

La importancia de la ductilidad se pone de manifiesto en diversas situaciones, tanto en casos estáticos como en dinámicos. En situaciones estáticas, la ductilidad puede jugar un papel fundamental en casos como la actuación de grandes sobrecargas no esperadas o deformaciones impuestas en la estructura (por ejemplo, debido a cambios de temperatura, asientos en los apoyos, retracción, fluencia…). En situaciones dinámicas, como las motivadas por las cargas cíclicas producidas por terremotos o las cargas de impacto debidas a choques o explosiones, el papel de la ductilidad es más evidente.

La ductilidad se puede analizar en cuatro niveles: material, sección, elemento estructural y estructura. En cuanto a los materiales, los procedimientos para medir la ductilidad del acero poseen muchos puntos en común en los distintos códigos, sin embargo, la ductilidad del hormigón es un tema menos tratado. A nivel de sección el Diagrama Momento Curvatura es un parámetro muy empleado para medir la ductilidad de la sección. También puede emplearse la capacidad de rotación plástica de la viga, obtenida mediante la integración de curvaturas a lo largo de una determinada longitud del eje de la viga. Cuando se trata de determinar la ductilidad de un elemento estructural, suele emplearse la deflexión como parámetro de medida, aunque algunos estudios también consideran la capacidad de absorción de energía. Si se trata de evaluar la ductilidad de una estructura completa, se emplea la capacidad de absorber energía, que es el parámetro más crítico.

Cuando se estudia la ductilidad de una estructura en un ámbito exclusivamente estático, donde fundamentalmente lo que se busca es la capacidad de redistribuir solicitaciones, la ductilidad se suele relacionar con la deformación (la curvatura), siempre asegurando que se mantiene la resistencia, es decir que el momento que va a actuar sea menor al que resiste la sección.

Cuando el ámbito es dinámico, el criterio para evaluar la ductilidad debe ser el de la energía disipativa. Una estructura disipativa es la que puede disipar energía mediante un comportamiento de histéresis dúctil u otros mecanismos. En este contexto, la energía disipativa debe tener en cuenta los efectos dinámicos al evaluar la resistencia de la sección (Yu et al., 2023).

3. DUCTILIDAD DE ACEROS

A partir de 1900, el hormigón armado (HA) es una tecnología ya sancionada en obras para la Exposición de París y en otras obras ejecutadas con motivo de ésta y su uso se extiende con gran rapidez.

Sin embargo, en España, la primera norma que regula el empleo de esta técnica tuvo que esperar a 1939, frente a lo que pasó en otros países donde desde los inicios del siglo XX se editaron documentos para regular esta tipología estructural.

La primera asignatura sobre hormigón armado incluida en el plan de estudios de una titulación universitaria se impartió en la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, durante el curso 1910-1911. La asignatura estuvo a cargo del ingeniero D. Juan Manuel de Zafra, quien escribió un libro de texto que es una recopilación de las lecciones impartidas y con un carácter eminentemente práctico (Zafra, JM., 1911).

En la obra de D. Juan Manuel de Zafra se apunta que, en las primeras obras de HA, las armaduras estaban constituidas exclusivamente por hierro dulce. Incluso en 1899, cuando Considère publicó sus estudios, se refirió casi exclusivamente a este material como tipo para armar. Como excepción estudió, aunque poco, el acero duro, como material opuesto al acero dulce, en la serie de materiales ferrosos. D. Juan Manuel de Zafra estima que ninguno de los materiales es adecuado para hormigón armado, aunque afirma que en EE.UU. el hierro dulce gozaba de cierta aceptación y su empleo se encontraba en boga. Como alternativa a estos dos materiales, afirma que el acero dulce es el más usado en HA. Ofrece valores comprendidos entre 2500 y 3000 kg/cm^2 como límite elástico, 3700 - 4500 kg/cm^2 de tensión de rotura y 2.2 – 2.25·106 kg/cm^2 de módulo de elasticidad. También da un valor de alargamiento total en rotura y la posibilidad de doblar en frío una barra doblándola sobre otra de 1.5 veces su diámetro sin que se agriete.

Aunque no se hable de exigencias de ductilidad, los valores anteriores ya dan algunas pautas. Las tensiones apuntadas ofrecen valores fs/fy de 1.5. Por otra parte, el ensayo de doblado constituye una medida de la ductilidad de un acero. También hay que tener en cuenta que este tipo de acero está dotado de una altísima ductilidad y se está hablando de una época en la que las consideraciones de ductilidad eran prácticamente inexistentes en cualquier tipología estructural, por lo que es muy razonable que el tema no se tratase directamente.

A partir de este momento, la evolución de los aceros de armar fue hacía el logro de mayores resistencias.

En EE.UU., la evolución hacía mayores resistencias se realizó siempre en base a aceros de dureza natural, donde el incremento de la resistencia se conseguía modificando la composición química, fundamentalmente incrementando el porcentaje de carbono en el acero.

En Europa el incremento de resistencia, además de conseguirse mediante la composición química, se obtuvo mediante procedimientos de deformación en frío de las barras. Estos procesos permitían pasar de límites elásticos de 2200/2400 kg/cm^2 a los 4100 kg/cm^2, a costa de una disminución drástica de la capacidad de deformación del acero.

El acero Tor, obtenido a partir de una barra lisa con dos aletas longitudinales torsionada en frío, alcanzaba un límite elástico de 4200 kg/cm^2 y se utilizó en Europa durante muchos años. Posteriormente, en la década de los 60, se incorporaron nervaduras transversales, fabricándose barras que alcanzaban los 5000 y 6000 kg/cm^2 de límite elástico.

En España, bajo una patente del ingeniero J. Iribas, se desarrolló el Tetracero. Inicialmente eran armaduras de límite elástico 4200 kg/cm^2 obtenidas por estirado y torsión de barras lisas de calidad ordinaria. Posteriormente, se fabricó una nueva versión y Altos Hornos de Cataluña fabricó el acero REA.

La Instrucción EH 61 contemplaba tres tipos de acero para el armado de elementos lineales: barras lisas de acero ordinario y barras de alta resistencia (corrugadas), en las que el incremento de la resistencia se obtenía mediante el incremento de carbono en la aleación o mediante un procedimiento de deformación en frío.

A principios de la década de los 70, la empresa C.R.M. desarrolla en Bélgica el procedimiento de fabricación de aceros TEMPCORE. Se trata de un tratamiento termomecánico en el cual la barra sufre un temple superficial cuando sale del tren de laminado. A continuación, se mantiene a temperatura ambiente con lo cual se produce un revenido de la corona superficial de martensita debido al calor residual del núcleo. Posteriormente, durante el enfriamiento final se produce la transformación de la austenita residual del núcleo. Como consecuencia, se generan tres coronas en la sección de la barra (Figura 2). La más exterior está formada por una microestructura de tipo martensítico, de elevada dureza y resistencia, pero baja ductilidad. El núcleo es de naturaleza ferrítico perlítico, de menores resistencias, pero altísima ductilidad. La zona intermedia de transición está formada principalmente por una mezcla de vainita y ferrita poligonal. Estos aceros han ido desplazando a los otros de alta resistencia hasta que, a día de hoy, en España son los únicos utilizados.



Figura 2. Sección de una barra fabricada mediante el procedimiento TEMPCORE.

El empleo de los aceros endurecidos por deformación en frío compitió en el mercado con los de dureza natural, siendo también ambos tipos contemplados por la normativa hasta la aparición en el año 1998 de la primera instrucción EHE, en la que ya desaparece definitivamente el acero deformado en frío. Actualmente, han sido sustituidos prácticamente en todo el mundo por aceros con el mismo límite elástico obtenido mediante su composición química y un tratamiento termomecánico posterior.

Los requisitos de ductilidad se han incrementado de forma notable desde los años 80 debido fundamentalmente a dos cuestiones:

- Cada vez se hacía un uso más extenso de los métodos de análisis no lineal en estructuras de hormigón armado (EHA), bien con procedimientos de redistribución limitada partir de un cálculo

elástico y lineal o bien mediante métodos no lineales, opción esta última que incluso hoy en día sigue siendo minoritaria en la práctica del cálculo de estructuras.

- Los requisitos de las normas para el cálculo sísmico se hacían cada vez más exigentes en cuanto a la necesaria ductilidad del acero como garantía de la posibilidad de la formación de rótulas plásticas.

El tema de la ductilidad ha sido ampliamente discutido por numerosos autores. Una contribución muy importante se encuentra en los boletines CEB N.º 218 y 242, destacados por la enorme cantidad de resultados experimentales que proporcionan.

Los trabajos del Boletín de Información N°218 (Comité Euro-International du Béton [CEB], 1993) interpretan la ductilidad a través de la capacidad de rotación de las rótulas plásticas (θ_{pl}) o la capacidad de redistribución de momentos en vigas continuas (δ).

Es importante destacar la ausencia de consenso en la evaluación experimental de la rotación plástica (θ_{pl}). Si bien existe consenso general en que la rotación plástica corresponde a la diferencia entre las rotaciones en el punto de carga máxima (carga última) y al inicio de la fluencia, se han empleado diversos métodos para obtener esta rotación. Estos métodos van desde la integración de la curvatura en un segmento determinado (también un parámetro variable) hasta la estimación de las rotaciones basadas en las deflexiones. Además, es crucial evaluar las deformaciones plásticas en relación con el fallo; este detalle cobra relevancia cuando el momento último se produce en la tensión de plastificación del acero o en el valor máximo de la tensión de compresión del hormigón.

Cabe destacar que el boletín N.º 218 hace especial hincapié en las características de los aceros. Algunos estudios sugieren que el valor de θ_{pl} puede estimarse basándose únicamente en estas características, mientras que otros argumentan en contra de dicha relación de dependencia. Además, si bien existe una aceptación general de la proporcionalidad entre los valores de θ_{pl} y δ, no todos los autores observan esta correlación. Es interesante destacar la continua relevancia de la relación $\theta_{pl}(x/d)$ en la normativa europea vigente (British Standards Institution [EC2], 2015) & (International Federation for Structural Concrete [fib], 2020), incluso después de 30 años.

Para el boletín de información N.º 242 (Comité Euro-International du Béton [CEB]. 1998) la capacidad de rotación de las rótulas plásticas sigue siendo el objetivo central de este boletín. Cabe destacar que se cuestiona la variable dependiente x/d, y surgen parámetros alternativos como ρ, ω y ω'. Además, se introduce el parámetro de ductilidad (D), igual al valor del factor de ductilidad del Eurocódigo 8.

En la Tabla 1 se indican las características mecánicas mínimas que debe cumplir el acero de alta ductilidad apto para ser empleado en zona sísmica B 500 SD según el Código Estructural y para poder ser considerado de alta ductilidad por el Eurocódigo 2 (Clase C) y el Código Modelo 2020 (clases C y D).

Tabla 1. Características mecánicas del acero B500SD según Código Estructural, Eurocódigo 2 y Código Modelo.

Tipo de acero	Código Estructural	EC2	CM 2020	Interlineado sencillo
Designación	B 500 SD	C	C	D
Límite elástico, fy (N/mm^2)	≥ 500			
Carga unitaria de rotura, f_s (N/mm^2)	≥ 575			
Alargamiento de rotura, $\varepsilon_{u,5}$ (%)	≥ 16			
Alargamiento total bajo carga máxima, $\varepsilon_{máx}$ (%)	≥ 7,5	≥ 7,5	≥ 7	≥ 8
Relación fs/fy	1,15 ≤ fs/fy ≤ 1,35	1,15 ≤ fs/fy ≤ 1,35	1,15 ≤ fs/fy ≤ 1,35	1,25 ≤ fs/fy ≤ 1,45

4. DUCTILIDAD Y REDISTRIBUCIÓN

En general, los métodos de análisis de EHA pueden clasificarse en métodos lineales y no lineales. Dentro de estos últimos, las normas contemplan como casos especiales los métodos lineales seguidos de una redistribución limitada y los métodos de cálculo plástico. De esta forma, la normativa contempla cuatro

procedimientos para obtener las solicitaciones en una EHA: análisis lineal, análisis lineal seguido de una redistribución limitada, análisis plástico y análisis no lineal.

Los métodos lineales seguidos de una redistribución limitada, se basan en un análisis lineal en el que se redistribuyen las leyes de momentos flectores una cantidad determinada máxima dependiendo de las condiciones de ductilidad de la estructura. Siempre hay que mantener las condiciones de equilibrio de la estructura. Las leyes de solicitaciones cortantes y normales se modifican para satisfacer las condiciones de equilibrio con las solicitaciones flectoras redistribuidas. Este método presenta algunas ventajas en el análisis de estructuras de obra nueva y puede ser muy ventajoso en el análisis de estructuras existentes.

Las normas actuales permiten el análisis redistribuido, (EC2, 2015); (fib, 2020); (American Concrete Institute [ACI], 2019); (Canadian Standards Association [CSA], 2014) & (Australia Standards [AS], 2009), siempre que se pueda garantizar que la sección redistribuida tenga suficiente capacidad de rotación para obtener la capacidad de redistribución especificada. Sin embargo, no existe un consenso en los límites y métodos para el cálculo de la capacidad de redistribución de las distintas normas. En algunos casos se utiliza una ecuación de tipo lineal con la profundidad relativa de la fibra neutra (xu/d) mientras que en otros casos se emplea una ecuación lineal con la deformación neta a tracción de la armadura (ε_t), y se pone como límite el 20 o el 30%. Por ejemplo, el EC 2 especifica que la relación entre el Momento Redistribuido y el Momento Flector Elástico aumenta linealmente con x_u/d, mientras que la norma ACI 318-19 adoptó 1000 veces ε_t para especificar el grado de redistribución. Sin embargo, existen estudios que cuestionan el valor especificado para el nivel de redistribución (Bagge et al., 2014); (Carmo & Lopes, 2008); (Lou et al., 2017) & (Tamrazyan & Sayed, 2022).

La redistribución de solicitaciones ofrece pocas ventajas en obra nueva (proyectos de estructuras de nueva creación). En efecto, en estos casos la armadura se coloca “a demanda”, el diseño de la armadura de flexión debe cubrir el momento isostático ($pl^2/8$) de cada tramo de viga y si, por ejemplo, se redistribuyen solicitaciones disminuyendo los momentos negativos e incrementando los positivos, el acero que no se coloca en la zona superior hay que colocarlo en la zona inferior, pero la capacidad mecánica debe cubrir el isostático. En estos casos solo existen ventajas menores como las que se obtendrían redistribuyendo solicitaciones para distintas hipótesis de carga y obteniendo de esta forma una envolvente menor (Figura 3).

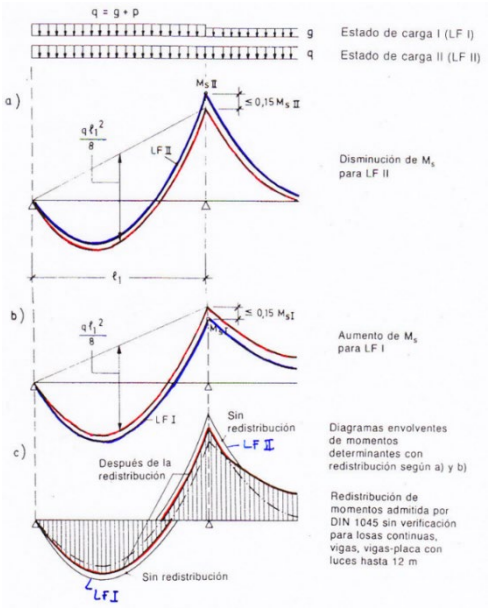


Figura 3. Redistribución de flectores obteniendo una envolvente menor (Leonhradt & Mönning, 1993)

También existen ventajas debido a que en el cálculo lineal los momentos negativos son muy superiores a los positivos, y una redistribución disminuyendo los primeros da lugar a estructuras que se pueden hormigonar con más facilidad, debido a la descongestión que se produce en la zona superior.

Las ventajas aparecen en el caso de recálculo de estructuras, donde si se comparan las solicitaciones resistentes con las obtenidas en un cálculo elástico y lineal, para que la comprobación salga airosa, forzosamente los momentos resistentes de la sección deben ser mayores que los momentos solicitación de la misma sección. Podría ocurrir que en una sección la comprobación se satisfaga holgadamente, por ejemplo,

en momento positivo. Sin embargo, en la sección de momento negativo podría no cumplirse. En este caso, la posibilidad de redistribuir la curva de solicitaciones flectoras hacía abajo, disminuyendo el momento negativo, e incrementando las solicitaciones en momento positivo, donde existe un exceso de resistencia y siempre manteniendo el equilibrio, puede dar lugar a una solución satisfactoria. Además, en este caso particular planteado, se da la circunstancia de que las vigas habitualmente se calculan con la sección rectangular. Sin embargo, en la sección de momento positivo el acero traccionado trabaja contra el hormigón de la viga más el hormigón existente en la zona del macizado del forjado, si existe, y la capa de compresión. Además, cuando se hace intervenir el hormigón del macizado del forjado y de la capa de compresión se incrementa de forma muy notable la ductilidad de la sección debido a que la profundidad de fibra neutra disminuye de manera muy importante y, generalmente el cálculo del momento resistente resulta más ventajoso porque disminuye la altura del bloque comprimido de hormigón, lo que supone un incremento del brazo mecánico, y, por tanto, del momento flector que es capaz de resistir la sección. En estos casos es necesario evaluar la zona de hormigón que puede tenerse en cuenta en el cálculo empleando el concepto de ancho eficaz (Figura 4).

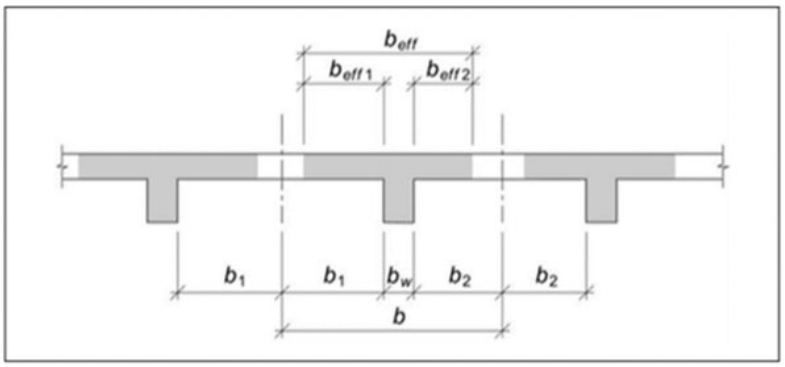


Figura 4. Concepto de ancho eficaz.

Esto supone en definitiva en primer lugar comprobar viga a viga si las secciones de momento negativo y de momento positivo son capaces de cubrir el momento isostático $pl^2/8$ de la viga (condición de equilibrio) y, en caso afirmativo, comprobar las solicitaciones resistentes de una sección con una banda de solicitaciones centrada en el valor obtenido con un cálculo elástico y lineal y de una amplitud igual al doble de redistribución permitida (redistribuir hacía arriba y hacia abajo).

El análisis plástico es un procedimiento generalmente permitido por las normas para el análisis de EHA a partir del cumplimiento de determinadas condiciones de ductilidad. Un caso sorprendente ha sido el análisis permitido en España por la normativa para determinados tipos de forjados, según la cual, se podían dimensionar forjados con las solicitaciones evaluadas con un procedimiento que permitía igualar momentos positivos a negativos (redistribución completa o cálculo plástico) sin ninguna consideración acerca de la ductilidad de los mismos. Hay que hacer notar que, si bien la sección de momento positivo de un forjado está dotada de una enorme ductilidad debido a que la armadura de una vigueta trabaja contra todo el ancho de la losa de hormigón, lo que supone que la fibra neutra ocupa una posición muy alta; la sección de momento negativo, justo en la zona donde termina el macizado del forjado, tiene una situación muy distinta: en este caso la armadura de negativo trabaja únicamente contra el hormigón inferior de la vigueta y la ductilidad de la sección es muy baja, la profundidad de la fibra neutra coincide en muchos casos con la profundidad límite o se acerca mucho a ella y la sección resulta muy frágil. Sin embargo, nunca se ha constatado un problema de patología debido a esto.

5. DUCTILIDAD DE ARMADURAS Y REDISTRIBUCIÓN DE SOLICITACIONES

Independientemente de la metodología utilizada para evaluar la ductilidad en secciones transversales de hormigón armado, existe un parámetro fundamental consensuado por la práctica totalidad de la comunidad técnica: la ductilidad de la armadura traccionada. Según las principales normas, como el Eurocódigo 2, el (CM, 2020) y el código de construcción ACI (ACI, 2019) la armadura debe poseer una ductilidad adecuada, definida por EC2 y (CM, 2020) por ε_{max} y fs/fy. Estos dos parámetros determinan la clase de acero, y la capacidad de redistribución. ACI (ACI, 2019) permite la redistribución de momentos a partir de deformaciones específicas en la armadura de tracción.

Podría darse el caso de que un determinado acero no cumpliese uno de los dos parámetros de ductilidad ε_{max} o f_s/f_y para ser clasificado en una determinada clase y, sin embargo, en el otro tuviese un valor que excediese el mínimo exigido para pertenecer a esa clase. En este caso, el acero en cuestión quedaría en la clase correspondiente al valor que penaliza al acero y, por ejemplo, las posibilidades de redistribución de las estructuras armadas con él serían menores o no podría ser empleado en zona sísmica. En este punto, cabría preguntarse ¿no sería posible que el exceso en uno de estos dos parámetros fuese capaz de compensar lo que falta en el otro? Con esta idea surgió el concepto de acero equivalente desarrollado en los boletines 218 y 242 del CEB. Se obtuvieron expresiones (acero equivalente) que considerando ε_{max} y f_s/f_y diesen lugar a una única ecuación que los englobase.

De todas las expresiones tal vez la que más se ha difundido ha sido la de Cosenza, que además aparece en el CM 2020, como posibilidad para evaluar la ductilidad de un acero. A partir de resultados experimentales, Cosenza obtuvo que la capacidad de giro plástico de una viga dependía únicamente de la ductilidad del acero. Con los resultados experimentales realizó un análisis paramétrico (Figura 5), obtuvo la capacidad de giro plástico para vigas armadas con aceros sin y con escalón de cedencia y obtuvo el parámetro p de acero equivalente en los dos casos.

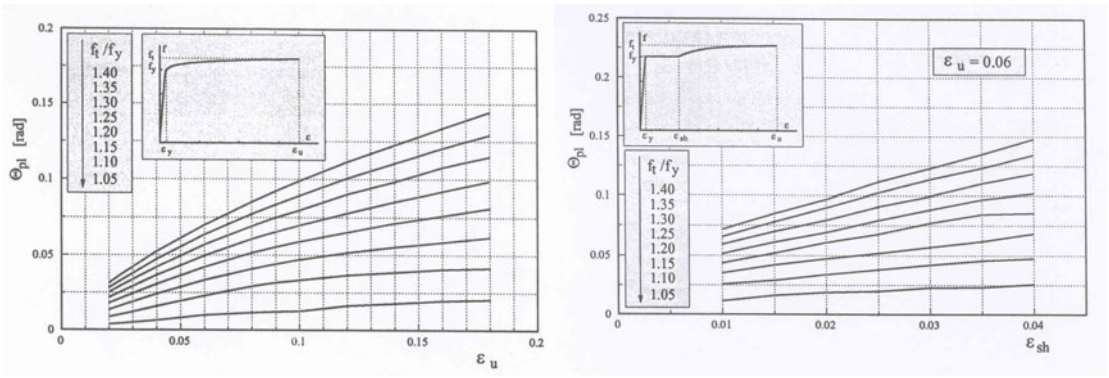


Figura 5. Análisis paramétrico de vigas realizado por Cosenza

$$p = \varepsilon_u^{0,75}\left[{f_t}/{f_y} - 1\right]^{0,8} \qquad (1)$$

$$p = \left((\varepsilon_u - \varepsilon_y) + 3\varepsilon_{sh}\right)^{0,75}\left({f_t}/{f_y} - 1\right)^{0,8} \qquad (2)$$

Sin embargo, Cosenza realizó su estudio a partir de una campaña experimental de vigas de HA con cuantías muy bajas de armadura. En estos casos, el fallo de la viga se produce por el agotamiento del acero, y la ductilidad de la armadura es el factor que condiciona la formación y el desarrollo de la rótula plástica. Sin embargo, cuando la cuantía de armadura llega a un determinado valor, el fallo se produce por agotamiento del hormigón y, entonces, la profundidad de fibra neutra o la ductilidad del hormigón pasan a tomar protagonismo en el problema (Figura 6). Se puede comprobar que para cuantías mecánicas inferiores a un 2 - 2.5%, el agotamiento de la sección se alcanza por el acero y la ductilidad de la sección es muy alta como evidencia la longitud de la rama horizontal correspondiente a la curvatura una vez alcanzada la fluencia. Sin embargo, para cuantías superiores de armadura, el fallo se produce por el hormigón y la ductilidad de la sección va siendo menor a medida que se incrementa la cuantía de acero.

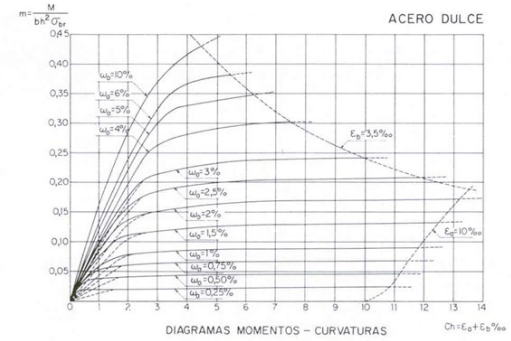


Figura 6. Fallo de la sección de una viga en función de su cuantía de armado (Calzón, 1972).

De lo anterior se deduce que las expresiones obtenidas por Cosenza no tienen validez general, únicamente pueden emplearse en vigas con bajas cuantías de armado.

6. CONCLUSIONES

Se han realizado numerosos trabajos acerca de la ductilidad del acero y su influencia en la posibilidad de redistribuir solicitaciones en estructuras de hormigón armado. Sin embargo, el tema todavía no está cerrado.

En España se han calculado durante decenios los forjados con elementos prefabricados de hormigón con cálculos plásticos, sin ninguna consideración de ductilidad, a pesar de la enorme fragilidad de esta tipología estructural en la sección de apoyo donde termina el macizado de hormigón.

Los procedimientos de cálculo redistribuido a partir de un análisis lineal pueden ofrecer algunas ventajas en proyectos de obra nueva y pueden significar enormes ahorros económicos en la evaluación de estructuras ya construidas.

Las expresiones obtenidas por Cosenza para el acero equivalente y contenidas en el CM 2020 no tienen validez general, únicamente pueden emplearse en vigas con bajas cuantías de armado.

REFERENCIAS

Mari Bernat, A. R. (1987a). Dimensionamiento de secciones de hormigón armado orientado a garantizar un nivel de ductilidad. Informes De La Construcción, 39(389), 87–95. https://doi.org/10.3989/ic.1987.v39.i389.1667

Mari Bernat, A. R. (1987b). Ductilidad seccional y redistribución de esfuerzos en estructuras hiperestáticas de hormigón armado y pretensado. Hormigón Y Acero, 38(163). Recuperado a partir de https://www.hormigonyacero.com/index.php/ache/article/view/919

Luo, D., & Li, B. (2023). Moment redistribution capacity of continuous RC beams with high-strength steel reinforcement. Structures, 51, 13–24. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.03.005

Lopes, A. V., Lou, T., & Lopes, S. M. R. (2025). On the ductility of RC beam section: A revision and up to date of conclusions. Engineering Structures, 322, 119105. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.119105

Yu, Y., Lee, S., Ahn, H., & Cho, J.-Y. (2023). Residual performance of reinforced concrete beams damaged by low-velocity impact loading. Journal of Structural Engineering, 149(4), 04022267. https://doi.org/10.1061/JSENDH.STENG-11697

Zafra, J. M. (1911). Construcciones de hormigón armado. Primera parte. Mecánica del hormigón armado. Madrid: Imprenta y Encuadernación de V. Tordesillas.

Comité Euro-International du Béton (CEB). (1993). Ductility: Reinforcement; progress report of Task Group 2.2 “Ductility Requirements for Structural Concrete - Reinforcement” (Bulletin d’Information 218). Lausanne: CEB.

British Standards Institution. (2015). Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. London: BSI.

International Federation for Structural Concrete (fib). (2020). Model Code 2020. Volume 1. Lausanne: Fédération Internationale du Béton.

Comité Euro-International du Béton (CEB). (1998). Ductility of reinforced concrete structures (Bulletin d’Information 242). Lausanne: CEB.

American Concrete Institute. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318–19). https://doi.org/10.14359/51716937

Canadian Standards Association. (2014). CSA A23.3-14: Design of concrete structures. Toronto: CSA.

Australia Standards. (2009). AS 3600–2009: Concrete structures. Strathfield: Standards Australia.

Bagge, N., O’Connor, A., Elfgren, L., & Claus, P. (2014). Moment redistribution in RC beams – A study of the influence of longitudinal and transverse reinforcement ratios and concrete strength. Engineering Structures, 80, 11–23. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.08.029

Carmo, RNF., & Lopes, SMR. (2005). Ductility and linear analysis with moment redistribution in reinforced high-strength concrete beams. Canadian Journal of Civil Engineering, 32(1), 194–203. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.01.014

Carmo, RNF., & Lopes, SMR. (2008). Available plastic rotation in continuous high-strength concrete beams. Canadian Journal of Civil Engineering, 35(10), 1152–1162. https://doi.org/10.1139/L04-080

Lou, T., Lopes, S. M. R., & Lopes, A. V. (2017). Effect of relative stiffness on moment redistribution in reinforced high-strength concrete beams. Magazine of Concrete Research, 69(14), 716–727. https://doi.org/10.1680/jmacr.15.00499

Tamrazyan, AG., & Sayed, YAK (2022). A practical model for moment redistribution in statically indeterminate RC beams. European Journal of Environmental and Civil Engineering. https://doi.org/10.1080/19648189.2022.2086179

Leonhardt, F., & Mönning, B. (1993). Estructuras de hormigón armado. Tomo III: Bases para el armado de estructuras de hormigón armado. Buenos Aires: Librería Editorial El Ateneo.

Martínez Calzón, J., & Martínez Calzón, J. (1972). Comportamiento y cálculo anelástico de las estructuras hiperestáticas de hormigón armado y pretensado. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA VIABILIDAD DE APLICAR PINTURAS FOTOCATALÍTICAS EN TEXTILES ARQUITECTÓNICOS: IMPACTO EN LA SALUD Y EL AMBIENTE

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF APPLYING PHOTOCATALYTIC PAINTS ON ARCHITECTURAL TEXTILES: IMPACT ON HEALTH AND THE ENVIRONMENT

Edna Victoria Villanueva Perdomo [(1)]

[1] Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, edna.villanueva@alumnos.upm.es

RESUMEN

Según la COP27, el sector de la construcción fue responsable de más del 34% de la demanda energética y alrededor del 37% de las emisiones de CO_2 asociadas a la energía y a sus operaciones durante 2021.

Por otra parte, la Comisión Lancet, sobre contaminación y salud, informó que la contaminación fue responsable de 9 millones de muertes prematuras en 2015, una de cada seis muertes en todo el mundo. La creciente preocupación por las emisiones de CO_2 en la construcción ha impulsado la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles.

En este sentido, la arquitectura textil, surge como una alternativa debido a su capacidad de reducir la huella de carbono y optimizar el uso de recursos. Esta arquitectura se construye con materiales resistentes, reciclables y de bajo impacto ecológico, que están evolucionando gracias a la aplicación de tecnologías digitales, diseño paramétrico y a la incorporación de componentes electrónicos.

Por todo lo anterior, se plantea un proyecto de investigación, en esa línea de innovación, a través del estudio de la viabilidad de utilizar pinturas fotocatalíticas en los tejidos, para reducir la contaminación ambiental y facilitar la auto limpieza.

Para ello, se realiza una búsqueda bibliográfica y documental y se seleccionan diferentes tejidos (Lona de poliéster con PVC; Lona de fibra de vidrio con PTFE; Lona de ETFE y Lona de fibra de carbono), así como dos tipos de pinturas: PhotoActiva TB y PhotoActiva S.

Sobre muestras de los tejidos seleccionados se impregnan las pinturas y se realizan ensayos comparativos de adherencia, observación de fisuras o desconchones, durabilidad, comportamiento ante el agua y la suciedad.

Los resultados obtenidos confirman la viabilidad de utilizar recubrimientos fotocatalíticos para reducir el impacto medioambiental en la edificación. No obstante, la selección del recubrimiento debe adaptarse al tipo de material, sus características físicas y las necesidades específicas.

Palabras clave: *Pinturas fotocatalíticas, arquitectura textil, CO2, contaminación.*

ABSTRACT

According to COP27, the construction sector was responsible for more than 34% of energy demand and around 37% of CO_2 emissions associated with energy and its operations in 2021.

Furthermore, the Lancet Commission on Pollution and Health reported that pollution was responsible for 9 million premature deaths in 2015, one in six deaths worldwide. The growing concern over CO_2 emissions in construction has driven the search for innovative and sustainable solutions.

In this context, textile architecture emerges as an alternative due to its ability to reduce the carbon footprint and optimize resource use. This architecture is built with durable, recyclable, and environmentally low-impact materials, which are evolving thanks to the application of digital technologies, parametric design, and the incorporation of electronic components.

Given all of the above, a research project is proposed, in line with this innovation, studying the feasibility of using photocatalytic paints on fabrics to reduce environmental pollution and facilitate self-cleaning.

To achieve this, a bibliographic and documentary review is conducted, and different fabrics are selected (polyester canvas with PVC; fiberglass canvas with PTFE; ETFE canvas; and carbon fiber canvas), along with two types of paints: PhotoActiva TB and PhotoActiva S.

The paints are applied to samples of the selected fabrics, and comparative tests are performed on adhesion, crack or chipping observation, durability, and behavior against water and dirt.

The results obtained confirm the feasibility of using photocatalytic coating to reduce the environmental impact on buildings. However, the selection of the coating must be adapted to the type of material, its physical characteristics and specific needs.

Keywords: *photocatalytic paints, textile architecture, CO_2, pollution.*

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los temas de mayor importancia en el mundo ya que es evidente el deterioro ambiental en todos los ámbitos existentes, siendo el CO_2 uno de los componentes con mayor emisión de contaminación global. Desafortunadamente, mientras el mundo avanza en temas tecnológicos, invenciones y procesos innovadores se incrementa la generación de este gas el cual sigue generando un impacto nocivo para el mundo que se conoce y la salud misma de quienes le habitan (Sreenath & Sam, 2023). La existencia de elementos perjudiciales para la salud, en el medioambiente, es lo que origina el desequilibrio de un determinado entorno sea natural, o urbano, pero que finalmente afecta la sobrevivencia de los seres vivos que integran dicho entorno, siendo esta situación lo que se denomina contaminación ambiental(Aceves Gutiérrez et al., 2021). Según Williams, es una consecuencia del desarrollo de diversas actividades del ser humano, donde la producción y emisión de los llamados gases efecto invernadero al ambiente se deriva de dichos procesos(de la Caridad Conde Williams, 2013). Los cuales afectan directamente la calidad de vida a mediano y largo plazo. En el ámbito de la edificación y la construcción en la conferencia de la ONU sobre el clima, la COP27 concluye que el sector fue responsable de más del 34% de la demanda energética y alrededor del 37% de las emisiones de CO_2 asociadas a la energía y sus operaciones durante 2021. Las emisiones de CO_2 relacionadas con la energía en las operaciones del sector alcanzaron un equivalente a las diez gigatoneladas de dióxido de carbono, un 5% más alto que los niveles de 2020 y un 2% por encima del pico prepandémico de 2019. La demanda de energía para la calefacción, la refrigeración, la iluminación y el equipamiento de los edificios en 2021 aumentó cerca de un 4% respecto a 2020 y un 3% en relación con 2019 (Naciones unidas, 2022). Hoy en día, se ha formado el mecanismo internacional de comercio de carbono y está mejorando gradualmente. “El carbono se ha vuelto intrincadamente conectado a la economía, y el desarrollo futuro de la economía inevitablemente estará estrechamente ligado a las emisiones de carbono. Reducir las emisiones de carbono ya no es simplemente un esfuerzo voluntario, se ha convertido en una necesidad (Zabalza Bribián et al., 2009).

El costo humano y ambiental de la contaminación atmosférica antropogénica es enorme y, probablemente, aún subestimado. La mitigación de los efectos ambientales y de la salud humana de la contaminación atmosférica depende, principalmente, de acciones para reducir la exposición, pero también de una comprensión clara de los objetivos biológicos y los efectos moleculares de los contaminantes que podrían respaldar las estrategias de monitoreo, prevención y protección. Ya se han identificado varios objetivos celulares y moleculares para los mecanismos citotóxicos de los componentes de la contaminación atmosférica, y algunos de ellos se utilizan de hecho como biomarcadores de exposición. Sin embargo, la complejidad de los efectos sistémicos de la exposición sugiere que otros objetivos celulares pueden desempeñar un papel relevante en la toxicidad de la contaminación atmosférica. Las mitocondrias son

orgánulos esenciales en las células eucariotas, y la disfunción mitocondrial está asociada causalmente con numerosas enfermedades humanas relevantes para la salud pública y el envejecimiento(Nadja Cristhina de Souza Pinto, 2024). La Comisión *Lancet* sobre contaminación y salud informó que la contaminación fue responsable de 9 millones de muertes prematuras en 2015, lo que la convierte en el mayor factor de riesgo ambiental del mundo para enfermedades y muerte prematura. Ahora se ha actualizado esta estimación utilizando datos del Estudio de la carga mundial de enfermedades, lesiones y factores de riesgo de 2019. Se observa que la contaminación sigue siendo responsable de aproximadamente 9 millones de muertes por año, lo que corresponde a una de cada seis muertes en todo el mundo(Fuller et al., 2022).

Como estrategia de mitigación se ha identificado una posibilidad de combatir esta problemática de forma pasiva en alternativas textiles arquitectónicas como el ETFE, el PTFE, las lonas de poliéster con PVC, entre otros brindan una posibilidad adicional a los sistemas constructivos tradicionales como lo es la Arquitectura textil junto con pinturas fotocatalíticas las cuales utilizan las propiedades de un proceso denominado fotocatálisis, que es un fenómeno natural en el que una sustancia usa la energía de la luz para eliminar compuestos contaminantes y nocivos. Las pinturas y productos fotocatalíticos logran transformar las sustancias contaminantes, virus, bacterias y hongos que se encuentran en el ambiente, en materias inocuas(Myphor, 2025). Muchos usuarios cuando miran por la calidad de vida de sus familias consideran muchos factores, pero no tienen en cuenta la calidad del aire que respiran. El hecho de estar rodeado de un ambiente limpio y sano es importante tanto para conseguir un mejor entorno como para mejorar la salud disminuyendo las afecciones respiratorias y alergias(Mohite et al., 2022). La arquitectura textil no solo representa una solución funcional y estética, sino también un enfoque clave para la salud de las personas del entorno. A medida que las regulaciones ambientales se vuelven más estrictas y la demanda por edificaciones ecológicas aumentan, su adopción continuará en expansión. La combinación de innovación, eficiencia y bajo impacto ambiental la posiciona como una alternativa relevante para el futuro del sector de la edificación.

2. OBJETIVOS

Evaluar comparativamente la viabilidad de integrar pinturas fotocatalíticas en distintos sustratos textiles utilizados en Arquitectura textil, con el fin de identificar la solución constructiva con mayor potencial para mejorar la sostenibilidad y las condiciones de salud en entornos habitables.

Específicos

1. Analizar los principales textiles empleados en la arquitectura textil y su comportamiento en términos de sostenibilidad.
2. Estudiar las posibilidades de aplicación de estrategias textiles orientadas a mejorar la salud en entornos habitables.
3. Aplicar dos tipos de recubrimientos fotocatalíticos sobre distintos sustratos textiles para evaluar su comportamiento en diferentes condiciones.
4. Comparar los resultados obtenidos y determinar el textil con mayor viabilidad técnica y potencial de aplicación en arquitectura textil.
5. Seleccionar el tejido con mayor eficiencia para su integración en soluciones constructivas alternativas y sostenibles.

3. METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo general de esta investigación, se desarrolló una metodología de carácter experimental, comparativa y aplicada, estructurada de la siguiente manera:

Se realizó un análisis comparativo (Tabla 1) con base en criterios de sostenibilidad de los principales textiles arquitectónicos.

Se realizó la caracterización físico-mecánica (Tabla 2 y 3) incluyó parámetros como resistencia a tracción, desgarro, % de apertura, estabilidad térmica y comportamiento frente al fuego según información técnica de cada textil.

Se aplicaron dos recubrimientos fotocatalíticos en los diferentes sustratos seleccionados y se sometieron a cinco ensayos clave (Tabla 4):

- **Suciedad por intemperie:** Evaluó la acumulación de partículas y deterioro visible durante 5 semanas de exposición natural.
- **Suciedad inducida por moho:** Las muestras fueron contaminadas con esporas para determinar la resistencia a la colonización microbiana, revelando mejoras en textiles tratados.
- **Congelamiento controlado:** Se analizaron los efectos microestructurales de congelamiento prolongado para detectar deterioros internos no visibles.
- **Absorción y capilaridad:** Se midió la capacidad de absorción y transporte de humedad, mostrando diferencias significativas según el tipo de recubrimiento y estructura del textil.
- **Comportamiento frente al fuego:** Verificó que los tratamientos no comprometen las propiedades ignífugas, manteniéndose dentro de los estándares.

Luego, se concluye con base a los resultados cual es el textil y la pintura con mayor aporte en la Arquitectura textil.

4. RESULTADOS

Se diseñó un plan experimental en dos fases:

Fase I: Caracterización de Materiales

Fase II: Ensayos experimentales y resultados

4.1 Fase I

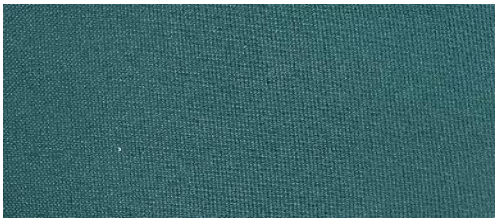
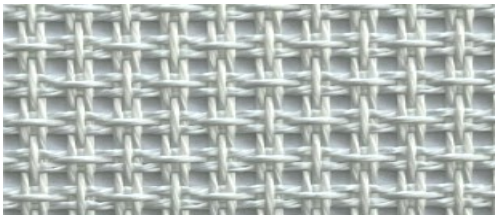
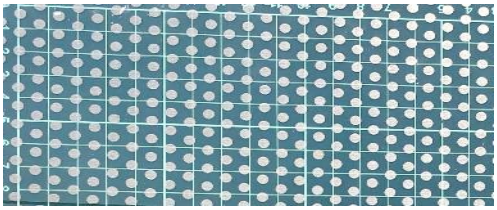
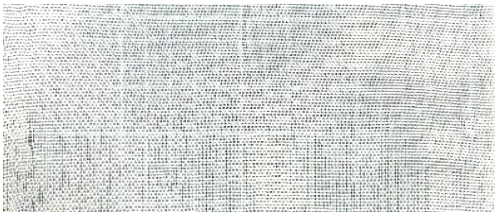
Según el estado de la cuestión y antecedentes, la denominación de muestras se eligió de acuerdo a los materiales más utilizados en la Arquitectura Textil, se establecen el tipo de muestras de estudio con unas características de prestaciones avanzadas y en adición a ello se proponen textiles adicionales utilizados en el sector de la edificación para refuerzos como lo son la fibra de vidrio y la fibra de carbono. Para evidenciar el comportamiento de estos con la aplicación de pinturas fotocatalíticas. A continuación, en la tabla 1, se hace un análisis en términos de sostenibilidad donde: 1=Baja y 5=Alta

Tabla 1. Análisis comparativo con criterios de sostenibilidad de textiles Arquitectónicos. Fuente: Propia

#	Material	Huella de Carbono	Reutilización	Vida Útil	Mantenimiento	Media
1	Poliéster + PVC	3	4	3	3	3,25
2	Fibra de vidrio + PTFE	4	2	5	1	3
3	Fibra de vidrio + PTFE perforado	4	2	5	1	3
4	ETFE	2	5	5	1	3,25
5	Fibra de carbono	5	2	5	1	3,25
6	Fibra de vidrio convencional	3	3	4	2	3

En la tabla 2, Se observan los seis (6) textiles especiales elegidas para el proceso experimental con pinturas fotocatalíticas donde se hace un análisis comparativo en términos de sostenibilidad y se identifica que la fibra de vidrio tiene la media de 3 en una escala de 1 a 5 respecto a los demás, lo que lo hace el material con mejor criterio sostenible. A continuación, se hace una caracterización de cada tipo de textil en su estado original.

Tabla 2. Caracterización de muestras textiles. Fuente: Propia

	TIPOS DE TEXTILES	MUESTRAS
1	Lonas de poliéster con PVC una cara	
2	Lonas de fibra de vidrio con PTFE [Politetrafluoroetileno] [Compacta] B-18039	
3	Lonas de fibra de vidrio con PTFE [Politetrafluoretileno] [Perforada] GFM-21 Color: 143	
4	Lonas de ETFE [Etileno Tetrafluoretileno] (Traslucido)	
5	Lona de fibra de carbono	
6	Lona de Fibra de vidrio convencional	

En la tabla 3, se observa la clasificación de las propiedades de los materiales con los cuales se realizaron los diferentes ensayos y se aprecia sus resistencias a tracción, desagarro, % de apertura, comportamiento al fuego y estabilidad térmica del material. El análisis revela que los textiles con base de fibra de vidrio recubierta de PTFE son los más fuertes y resistentes al fuego, mientras que el ETFE es óptimo para soluciones con alta transparencia lumínica, lo cual permite seleccionar el material más adecuado según las exigencias estructurales, térmicas y estéticas.

Tabla 3. Caracterización de textiles y análisis. Elaboración: Propia según fichas técnicas

	Resistencia a la Tracción [N/5 cm urdimbre/trela]	Resistencia al desgarro [N] [Urdimbre/trama]	% Aper-tura	%Transmisión de luz	Comportamiento del fuego	Estabilidad Térmica
1. Lonas de poliéster con PVC	>1000	>200			E	.-30°C/+70°C
	EN 12311-2 MA	EN 12310-2			EN 13501-1	
Lonas de fibra de vidrio con PTFE (Politetrafluoroetileno)[Compacta] B-18039	4200/400	300/300	17		B	.-30°C/+70°C
	DIN 53354	DIN 53363	DIN 5036		DIN 4102	
Lonas de fibra de vidrio con PTFE [Politetrafluoroetileno] [Perforada] GFM-21 Color: 143	6000/6000	500/500	21	35	A2,A2-s1d0	.-30°C/+70°C
	DIN EN ISO 1421	DIN 53363				
Lonas de ETFE [Etileno Tetrafluoretileno]	21-23 N/mm2	52 N/mm2		90-95		.-30°C/+70°C
Lona de fibra de carbono	4300	240			A2	.+50°C
Lona de Fibra de vidrio convencional	2000	3400			A1-A2	450°C
	ISO 13934	ISO 13935			ISO 15025	

4.2 Fase II

Las muestras textiles analizadas presentan dimensiones estándar de 20 × 30 cm. Se llevaron a cabo cinco ensayos experimentales con el objetivo de evaluar el desempeño de los materiales frente a distintas condiciones de exposición y exigencias funcionales: (1) suciedad por intemperie, (2) suciedad inducida (moho), (3) congelamiento controlado, (4) absorción y capilaridad, y (5) comportamiento frente al fuego. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el orden mencionado, junto con la finalidad específica de cada ensayo.

4.2.1 *Suciedad por intemperie*

El objetivo de este ensayo es analizar el comportamiento físico y funcional de los textiles tratados con pinturas fotocatalíticas al ser expuestos a condiciones ambientales reales, así como su capacidad para resistir la acumulación de suciedad y la colonización microbiana en un periodo de observación de durante 5 semanas

4.2.2 *Suciedad inducida por Moho*

Las muestras fueron contaminadas directamente con esporas de moho para evaluar su resistencia, con y sin recubrimiento fotocatalítico, frente a la adherencia y proliferación biológica en condiciones reales y aceleradas. El ensayo permite determinar el potencial higiénico y auto limpiante del textil frente a contaminantes fúngicos persistentes.

4.2.3 *Ensayo de congelamiento controlado*

La incorporación de este ensayo busca aportar un análisis microestructural que complemente los ensayos de comportamiento macroscópico previamente realizados. Esta prueba permite identificar efectos no perceptibles a simple vista sometidos a congelamiento prolongado en 48h continuas con temperaturas de 0°-5°C después de la semana 10.

4.2.4 *Ensayo de Absorción y capilaridad en textiles*

La finalidad de este ensayo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de absorción de líquidos y la capilaridad en diferentes tipos de textiles arquitectónicos, tanto sin tratamiento como tratados con pintura fotocatalítica, con el fin de analizar cómo la estructura y composición superficial de cada textil influye en la penetración y transporte de humedad.

4.2.5 *Ensayo de comportamiento frente al fuego*

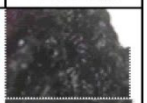
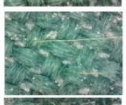
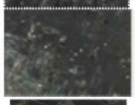
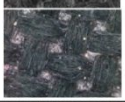
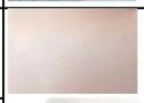
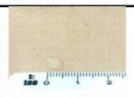
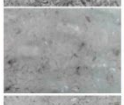
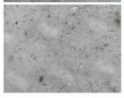
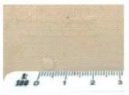
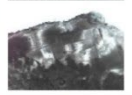
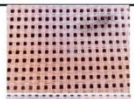
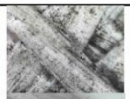
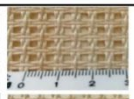
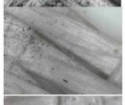
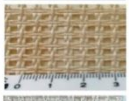
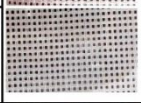
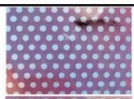
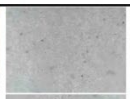
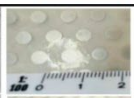
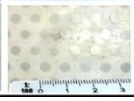
La resistencia al fuego es un requisito indispensable en materiales textiles utilizados en espacios públicos o cerramientos exteriores e interiores. Este ensayo permite valorar si los tratamientos fotocatalíticos en textiles son y si su aplicación conserva o mejora la clasificación ignífuga del soporte textil.

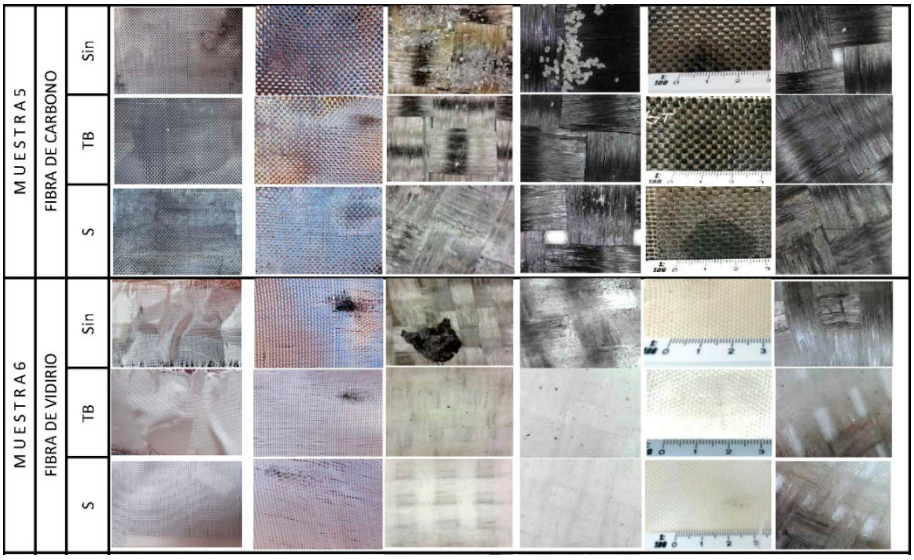
5. RESULTADOS

La presente sección recoge y analiza los resultados obtenidos durante el proceso experimental del plan metodológico descrito. Una vez concluida la caracterización de materiales y recubrimientos fotocatalíticos (Fase I), se procedió a la aplicación práctica de las pinturas seleccionadas sobre textiles arquitectónicos, así como a la evaluación de su desempeño bajo distintas condiciones ambientales y técnicas.

En la tabla 4, se observan los resultados de todos los ensayos realizados sobre textiles arquitectónicos tratados y no tratados con pinturas fotocatalíticas. Las muestras sin recubrimiento presentan mayor suciedad, moho y deterioro. Los recubrimientos mejoran el comportamiento funcional, destacando PhotoActiva S por su mayor eficacia auto limpiante, aunque con alteraciones estéticas en algunos casos.

Tabla 4. Resultados de Ensayos en diferentes condiciones de exposición. Fuente: Propia

			ENSAYO 1	ENSAYO 2		ENSAYO 3	ENSAYO 4	ENSAYO 5
			S5	S6	S-10	S-11	S-11	S-11
			Intemperie y suciedad	Intemperie + suciedad inducida (Moho)		Congelamiento controlado	Absorción y capilaridad	Comportamiento frente al fuego
MUESTRA1	POLIESTER CON PVC	Sin						
		TB						
		S						
MUESTRA2	PTFE	Sin						
		TB						
		S						
MUESTRA3	PTFE PERFORADO	Sin						
		TB						
		S						
MUESTRA4	ETFE	Sin						
		TB						
		S						



Sin: No tiene aplicación de Pintura / TB: Pintura PhotoActiva TB / S: Pintura PhotoActiva S

6. CONCLUSIONES

Se comprobó que textiles como el poliéster con PVC y la fibra de vidrio permiten una adecuada adherencia y activación de recubrimientos fotocatalíticos sin comprometer su integridad física, lo cual demuestra su viabilidad técnica para aplicaciones arquitectónicas, sin embargo, aunque los dos tipos de pinturas son incoloras, alteran su apariencia estética original generando una coloración blanca especialmente con la aplicación de pintura PhotoActiva S, por lo cual la pintura PhotoActiva TB para textiles con pigmentación definida y con recubrimientos ya avanzados es la que mejor equilibrio tendría entre mejoramiento funcional y estética.

Comportamiento Diferenciado según Material: La efectividad del recubrimiento depende de propiedades como porosidad, composición superficial y absorción. Algunos materiales como fibra de carbono mostraron mejor comportamiento sin recubrimiento, lo que indica la necesidad de seguir investigando fórmulas específicas para cada textil.

Eficacia de los Recubrimientos Fotocatalíticos: Ambos recubrimientos (PhotoActiva TB y S) mejoraron el comportamiento frente a la intemperie y moho, pero PhotoActiva S fue más eficaz, mostrando mejor desempeño funcional, con menos acumulación de suciedad y mayor capacidad auto limpiante, pero en textiles con pigmentación fuerte, presenta cierta coloración.

Impacto Ambiental Positivo: Las pinturas fotocatalíticas contribuyen activamente a la purificación del aire, eliminación de compuestos orgánicos volátiles (COVs), bacterias, hongos y virus (hasta 100% en algunos casos), generando superficies que mejoran la calidad ambiental de forma sostenible.

Contribución a la Sostenibilidad y Diseño Arquitectónico: La investigación propone una arquitectura textil más consciente, en la que se integren tecnologías activas como la fotocatálisis. Estas estrategias apoyan el diseño inteligente, reducen la necesidad de mantenimiento y favorecen la calidad del aire circundante.

7. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Aunque los resultados son alentadores, se recomienda continuar evaluando el comportamiento de estos recubrimientos sobre textiles en estado puro antes de aplicar ETFE o PTFE, para garantizar mejor adhesión y desempeño a largo plazo.

También, se evidencia el potencial de estudiar elementos textiles utilizados durante y después del proceso de construcción y así transformar elementos pasivos en una superficie activa capaz de reducir contaminantes del aire, mejorar las condiciones de salubridad del entorno y disminuir el mantenimiento por suciedad o acumulación de polvo.

Finalmente, es igualmente importante ampliar la experimentación hacia más tipos de pinturas fotocatalíticas disponibles en formatos comerciales más grandes, lo que permitiría validar su comportamiento a escala real y facilitar su adopción en proyectos de mayor envergadura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aceves Gutiérrez, H., Mercado Ibarra, S. M., López Chávez, O., & Arévalo Razo, J. L. (2021). Documento: Procesos de construcción, emisión de dióxido de carbono y resultados socioeconómicos durante la pandemia del covid-19 en México. *Telos Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, *23*(2), 485–502. https://doi.org/10.36390/telos232.17

de la Caridad Conde Williams, A. (2013). Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada Harmful effects of environmental pollution on pregnant women. In *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología* (Vol. 51, Issue 2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032013000200011

Fuller, R., Landrigan, P. J., Balakrishnan, K., Bathan, G., Bose-O'Reilly, S., Brauer, M., Caravanos, J., Chiles, T., Cohen, A., Corra, L., Cropper, M., Ferraro, G., Hanna, J., Hanrahan, D., Hu, H., Hunter, D., Janata, G., Kupka, R., Lanphear, B., … Yan, C. (2022). Pollution and health: a progress update. In *The Lancet Planetary Health* (Vol. 6, Issue 6, pp. e535–e547). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00090-0

Mohite, V. S., Darade, M. M., Sharma, R. K., & Pawar, S. H. (2022). Nanoparticle Engineered Photocatalytic Paints: A Roadmap to Self-Sterilizing against the Spread of Communicable Diseases. In *Catalysts* (Vol. 12, Issue 3). MDPI. https://doi.org/10.3390/catal12030326

Myphor. (2025, March 21). *Materiales Especiales*.

Naciones unidas. (2022, November 9). *Las emisiones históricas del sector de la construcción lo alejan de los objetivos de descarbonización*. Cambio Climático y Medio Ambiente. https://news.un.org/es/story/2022/11/1516722

Nadja Cristhina de Souza Pinto. (2024). *Assessing the effects of atmospheric pollution on mitochondrial stability in human cells*. Universidad Politécnica de Madrid.

Sreenath, S., & Sam, A. A. (2023). Hybrid membrane-cryogenic CO2 capture technologies: A mini-review. In *Frontiers in Energy Research* (Vol. 11). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1167024

Zabalza Bribián, I., Aranda Usón, A., & Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Building and Environment*, *44*(12), 2510–2520. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.001

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE EVALUACIÓN SOSTENIBLE DE EDIFICIOS

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MAIN SUSTAINABLE BUILDING ASSESSMENT SYSTEMS

Luis de Garrido Talavera [(1)], Ignacio Paya-Laforteza [(2)]

[1] PhD. Architect, PhD Computer Engineer, Director ANAS research center. info@luisdegarrido.com
[2] Professor. ICITECH, Universitat Politècnica de València, Spain igpaza@cst.upv.es

RESUMEN

En este trabajo se realiza un estudio comparativo entre los 16 mejores Sistemas de Evaluación Sostenible de Edificios (GBRS): ASGB, BEAM, BREEAM, CASBEE, DGNB, GBI, GG, GM, GS, HQE, IGBC, LEED, LEVEL, Minergie, PassivHaus y SBTools, centrándose en sus métodos de puntuación y estructuras internas. El estudio comparativo se ha realizado teniendo en cuenta las diferentes categorías de cada GBRS, así como sus indicadores, abarcando todos los aspectos esenciales del ciclo de vida de la edificación sostenible.

El resultado de la evaluación muestra diferencias sustanciales entre los diferentes GBRS, tanto en el diseño estructural como en los pesos específicos de los indicadores, lo que pone de relieve la falta de un enfoque estandarizado para la sostenibilidad. Esta falta de consenso da lugar a calificaciones de sostenibilidad variables para el mismo edificio, dependiendo del GBRS elegido, lo que pone en duda la fiabilidad de estos sistemas de evaluación. Los GBRS actuales tienen varias deficiencias, y quizás la más importante es que suelen priorizar la incorporación en los edificios de aparatos que consumen energía y suelen menospreciar los principios fundamentales del diseño de edificios, esenciales para la optimización de recursos y la reducción energética.

Como resultado este estudio propone la realización de un marco unificado para la realización de nuevos GBRS más eficaces y adecuados, y que se puedan integrar fácilmente en el proceso de diseño en Arquitectura e Ingeniería de la Construcción.

Palabras clave: *sistemas de evaluación sostenible, edificios sostenibles, estudio comparativo*

ABSTRACT

This paper shows a comparative study of the sixteen leading international sustainable building rating systems (GBRS): ASGB, BEAM, BREEAM, CASBEE, DGNB, GBI, GG, GM, GS, HQE, IGBC, LEED, LEVEL, Minergie, PassivHaus, and SBTools, focusing on their scoring methods and internal structures. The comparative study was conducted considering the different categories of each GBRS, as well as their sustainable indicators, covering all essential aspects of the sustainable building life cycle.

The results show substantial differences between the different GBRS, both in structural design and in the specific weights of the indicators, highlighting the lack of a standardized approach to sustainability. This lack of consensus results in variable sustainability ratings for the same building depending on the GBRS chosen; which calls into question the reliability of these assessment systems. Current GBRS have several shortcomings, perhaps the most important of which is that they often prioritize the incorporation of energy-consuming devices into buildings and often disregard fundamental building design principles essential for resource optimization and energy reduction.

As a result, this study proposes the development of a unified framework for the development of new, more appropriate GBRS, easily integrated into the design process in architecture and engineering.

Keywords: *sustainability assessment systems, sustainable buildings, comparative study*

1. INTRODUCCION

El sector de la construcción tiene un impacto negativo significativo en el ecosistema, caracterizado por la generación de residuos y emisiones nocivas, el uso ineficiente de recursos y un consumo energético considerable, entre otros problemas interconectados (Darko & Chan, 2016; Haapio, 2012; Illankoon et al., 2017; Klopp & Petretta, 2017). Se han realizado grandes esfuerzos para abordar estos desafíos mediante el análisis exhaustivo de todos los aspectos de la construcción, lo que ha dado lugar a la proliferación de los *Sistemas de Evaluación Sostenible de Edificios* (GBRS en inglés). Estos sistemas se concibieron como herramientas multivariable para evaluar de forma global los diferentes aspectos de la sostenibilidad de los edificios y establecer medidas correctoras (Doan et al., 2017).

Sin embargo, cada GBRS posee su propio marco conceptual y método de evaluación, lo que resalta la importancia del análisis comparativo para identificar sus respectivas fortalezas y debilidades. Estas evaluaciones son cruciales para informar sobre el desarrollo de nuevos GBRS que sean más eficaces, completos y legítimos (Doan et al., 2017). Sin embargo, el desarrollo de un GBRS es una tarea titánica, que exige la consideración de criterios ambientales integrales en todas las etapas y aspectos de la construcción (Nguyen et al., 2016; Reader, 2011). Además, la creación de una estructura interna, un marco operativo y un sistema de puntuación adecuados presenta desafíos adicionales (Lu et al., 2019).

Los GBRS se concibieron originalmente para evaluar el impacto ecológico de los procesos de construcción, centrándose en el uso de recursos, la generación de residuos, el consumo de energía y las emisiones (Doan et al., 2017). Estos GBRS eran robustos y simples ya que el concepto «ecológico» está bien definido y es científicamente abordable, comúnmente definido como: «ofrecer a las personas un espacio saludable, aplicable y eficiente, así como una arquitectura natural y armoniosa, con el máximo ahorro de recursos (energía, suelo, agua, materiales), protección del medio ambiente y reducción de la contaminación a lo largo de todo su ciclo de vida» (Kibert, 2016; Li et al., 2016).

Sin embargo, con el tiempo, el énfasis se ha desplazado de lo «ecológico» a lo «sostenible» (Berardi, 2013; Yanarella et al., 2009). Esta transición plantea un desafío fundamental, ya que el concepto de «sostenibilidad» se ha vuelto cada vez más ambiguo y se ha distanciado de sus orígenes ecológicos (Berardi, 2013; Yanarella et al., 2009; Buter & Van Raan, 2013; De Garrido, 2008; Komeily & Srinivasan, 2015; Runde & Thoyre, 2010). La evolución de la sostenibilidad se ha expandido para incluir aspectos económicos, sociales, políticos, institucionales y culturales (Friedmann Munro, 2010; Littig & Griessler, 2006; UCLGPS, 2010), por lo que existe el riesgo de que las GBRS se utilicen indebidamente como herramienta para justificar ciertas acciones económicas y políticas, en lugar de promover prácticas de construcción genuinamente sostenibles.

Para diseñar un GBRS para evaluar el nivel de sostenibilidad de los edificios, primero debe existir un consenso suficientemente detallado sobre qué se entiende por "sostenibilidad" y, sobre esta base, crear la estructura común de una GBRS para poder evaluarla adecuadamente. Sin embargo, la realidad es muy distinta. Actualmente existe una gran variedad de GBRS muy diferentes entre sí, con estructuras, indicadores, categorías, ponderaciones específicas y sistemas de puntuación diferentes. Por esta razón, recientemente se han realizado numerosos estudios comparativos entre estos sistemas para demostrar sus diferencias y destacar sus ventajas y desventajas (Altan & Binh, 2011; Asdrubali et al., 2015; Andrade et al., 2016; Andújar et al., 2020; Awadh, 2017; Bernardi et al., 2017; Borallo et al., 2022; Ding et al., 2018; Doan et al., 2017; Ferreira et al., 2014; Florez, 2020; He et al., 2018; Lee & Burnett, 2008; Lee, 2013; Lu et al., 2019; Mattoni et al., 2018; Tang et al., 2020; Varma et al., 2019)

Una de las conclusiones generales de todos estos estudios es que los GBRS son muy diferentes entre sí y que no es fácil compararlos. Muchos de ellos (Andrade & Braganca, 2016; Varma & Palaniappan, 2019) también concluyen que se deberían realizar más comparaciones para destacar las diferencias entre los sistemas, lo que requeriría establecer un marco común. Algunos trabajos dudan de la utilidad de los estudios comparativos, dadas las grandes diferencias existentes entre los diferentes GBRS, y sugieren que los GBRS actuales se deberían mejorar, y deberían adoptar una estructura común (Andújar et al., 2020).

De los estudios publicados hasta la fecha, destaca uno (Tang et al., 2020), en el que se comparan 10 GBRS según 17 criterios de evaluación y clasifica la importancia de los criterios según su ponderación promedio. El estudio señala nuevamente la gran dificultad de realizar comparaciones, ya que todos utilizan nomenclaturas

diferentes, lo que genera una gran cantidad de solapamientos, similitudes y ambigüedades. El estudio concluye indicando que los GBRS actuales deben mejorarse sustancialmente y que es necesario profundizar en el peso de cada indicador de evaluación. La segunda conclusión es que los estudios comparativos no son particularmente útiles (debido a sus amplias diferencias) y sugiere que lo que se debería realizar son estudios comparativos entre los edificios diseñados según estos GBRS frente a edificios convencionales para determinar su verdadera utilidad. El estudio señala que varios estudios previos han demostrado que el uso de estos GBRS apenas ofrece ventajas ambientales ni mejoras energéticas. La tercera conclusión es que se deben implementar nuevos GBRS más completos, auténticos y eficaces, y la última es que el GBRS otorga poca importancia al diseño y excesiva a la tecnología de construcción incorporada, lo que dificulta su validez.

Por lo tanto, los futuros GBRS deberían basarse en una definición detallada y consensuada del concepto de sostenibilidad y contar con una estructura clara y sencilla de categorías e indicadores. También deberían contar con un sistema de puntuación sencillo que proporcione una idea clara de la prioridad de las acciones a llevar a cabo para diseñar edificios más ecológicos y sostenibles al menor coste posible. De lo contrario, podrían perder su utilidad ambiental y convertirse en una mera herramienta para justificar políticas.

Muchos estudios son muy críticos y dudan de la validez de los sistemas GBRS actuales, ya que no consideran el diseño arquitectónico en su sistema de puntuación. Cabe destacar que un buen diseño arquitectónico, por el mismo precio y recursos, puede garantizar el confort interior de un edificio sin necesidad de dispositivos que consuman energía (calefacción, aire acondicionado y ventilación), ahorrando entre un 40 % y un 70 % de la energía consumida por un edificio convencional (De Garrido, 2008, 2012, 2012b, 2013, 2014, 2014b, 2017; Chen et al., 2015; Katiyar et al., 2021). Estas deficiencias invalidan el GBRS actual para medir adecuadamente el nivel de sostenibilidad de los edificios (De Garrido, 2008, 2012, 2017; Chen et al., 2015; Katiyar et al., 2021).

Algunos estudios van más allá y critican duramente los GBRS existentes (Ali, 2019; Amiri, 2019; LEED litigations, 2011), sugiriendo que se combinen, para lo cual se debería consensuar el concepto de «sostenibilidad» y realizar un mayor número de análisis comparativos (Montes et al., 2021). Numerosos trabajos (Scofield, 2009; Scofield & Cornell 2019; Conniff, 2017) concluyen que el GBRS actual no es útil, ya que, al comparar edificios certificados por algunos de ellos con edificios convencionales, no se observa un ahorro energético sustancial ni una optimización de recursos. Por ello, afirman que no merece la pena invertir tiempo ni dinero en el GBRS, ya que no garantiza un edificio sostenible y solo proporciona un certificado que realmente no garantiza nada. Sin embargo, estos estudios previos sólo consideraron un pequeño grupo de GBRS, lo que significa que sus conclusiones no pueden considerarse de aplicación general, ni identificaron sus deficiencias individuales ni dieron pistas sobre cómo diseñar un mejor sistema GBRS.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo analiza de forma comparativa 16 GBRS, un número mucho mayor de los analizados en estudios previos, y se analizan las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos. Para realizar el estudio comparativo, y tal como sugieren los estudios previos anteriormente mencionados, se ha establecido un marco común de comparación, identificando 14 categorías incluidas en el conjunto de GBRS analizados.

Los indicadores de cada GBRS se han reestructurado de acuerdo con las 14 categorías del marco común. Para ello se han aplicado factores de conversión para convertir el peso específico de cada indicador en su categoría anterior al peso específico que tiene en la nueva categoría del marco común. Además, se han utilizado factores de conversión para equiparar todas las puntuaciones a una métrica común de 0 a 100. Es decir, se han equiparado las puntuaciones máximas que se puede conseguir con cada GBRS a 100, y por ello se puede realizar una comparativa adecuada.

3. METODOLOGÍA

3.1 Elección de los principales Sistemas de Evaluación Sostenible de Edificios

Se han elegido los 16 GBRS en base a tres criterios:

a) los más utilizados a nivel internacional
b) los más citados en la base de datos Scimago (Scimago, 2019)
c) los más representativos a nivel geográfico y territorial

Los GBRS seleccionados son: ASGB (ASGB, 2019), BEAM (BEAM, 2024), BREEAM (BREEAM, 2020), CASBEE (CASBEE, 2019), DNGB (DNGB, 2023), GBI (GBI, 2014), GG (GG, 2022), GM (GM, 2021), GS (GS, 2022), HQE (HQE, 2024), IGBC (IGBC, 2019), LEED (LEED, 2019), LEVEL's (LEVELS, 2019), Minergie (Minergie, 2022), PassivHaus (PassivHaus, 2023) y SBTools (SBTools, 2022).

3.2 Estudio comparativo de los 16 Sistemas de Evaluación Sostenible de Edificios

En general, la mayoría de los GBRS se basan en una estructura jerárquica descendente de cuatro niveles que incluye: categorías, problemas, criterios e indicadores (Andújar et al., 2020), aunque la mayoría de los actuales GBRS tan solo tienen dos niveles: categorías e indicadores. Por ello el estudio comparativo realizado se ha hecho en base a las categorías e indicadores de los 16 GBRS elegidos.

Para realizar el estudio comparativo, se han identificado catorce categorías comunes a los dieciséis GBRS seleccionados (aunque no tengan el mismo nombre). De esta manera, todos los indicadores de cada GBRS pueden pertenecer a una de estas categorías, sin ninguna ambigüedad y sin indicadores faltantes o adicionales.

Las categorías se han estructurado en cuatro grupos: 1. Esenciales. Categorías directamente implicadas en la medición del nivel ecológico de un edificio; 2. Complementarias. Categorías adicionales necesarias para medir adecuadamente su nivel de sostenibilidad; 3. Añadidas. Categorías innecesarias, cuyos indicadores ya están indirectamente incluidos en las categorías Esenciales o Complementarias, y que podrían servir únicamente para destacar algunos aspectos sostenibles del edificio, pero que compensan la importancia de algunos indicadores; 4. Superfluas. Categorías no relacionadas con la sostenibilidad (Fig. 1).

Para realizar el estudio, se compararon los indicadores GBRS de cada una de estas categorías, indicando también la puntuación máxima por categoría.

Categorías Esenciales	Energía
	Agua
	Materiales - residuos
	Sitio
	Calidad interior
	Calidad exterior
	Ciclo de vida
Categorías Complementarias	Diseño
	Economía
Categorías añadidas	Planeamiento-gestión
	Transporte
Categorías superfluas	Innovación
	Seguridad
	Cultura

Figura 1. Categorías comunes a los 16 GBRS, estructuradas en 4 grupos

Las categorías esenciales sirven para evaluar el nivel ecológico de un edificio (siempre que sus indicadores fueran completos, bien definidos y con el peso específico adecuado). Si se añaden las categorías complementarias, se puede evaluar la sostenibilidad de un edificio. Las categorías añadidas tienen poca relevancia, aunque algunas podrían ser útiles para evaluar la sostenibilidad. En cambio, las categorías superfluas no tienen nada que ver con la ecología ni la sostenibilidad y, por lo tanto, son innecesarias.

4. RESULTADOS

En la figura 2 se muestra que tan solo ASGB incluye las 14 categorías. Se observa además que los GBRS que tienen más categorías son: BREEAM (13), BEAM (12), HQE (12), SBTools (12), DNGB (11) y GM (11). Los GBRS que menos categorías tienen son: GG (9), GS (9), IGBC (9), LEED (9), Minergie (1) y PassivHaus (1).

Se observa además que tan solo 7 GBRS cuentan con las 7 categorías esenciales: ASGB, BEAM, BREEAM, DNGB, GG, HQE y SBTools. De estos 7 sistemas, los que menos categorías añadidas y superfluas tienen son DNGB y GG; por tanto estos GBRS son los que más valoran los aspectos ecológicos de los edificios. Los

sistemas con menos categorías esenciales son Minergie (1), PassivHaus (1), IGBC (5), LEED (5) y LEVEL, por lo que no son adecuados para evaluar los aspectos ecológicos de los edificios.

Los GBRS con más categorías añadidas son ASGB (2), BEAM (2), BREEAM (2), DNGB (2), GM (2), HQE (2) y SBTools (2). Los GBRS con más categorías superfluas son ASGB (3) y BREAM (2). Por tanto, los GBRS con más categorías añadidas y superfluas son ASGB (5) y BREEAM (4), lo que los convierte en los menos puristas al evaluar los aspectos ecológicos y sostenibles de los edificios.

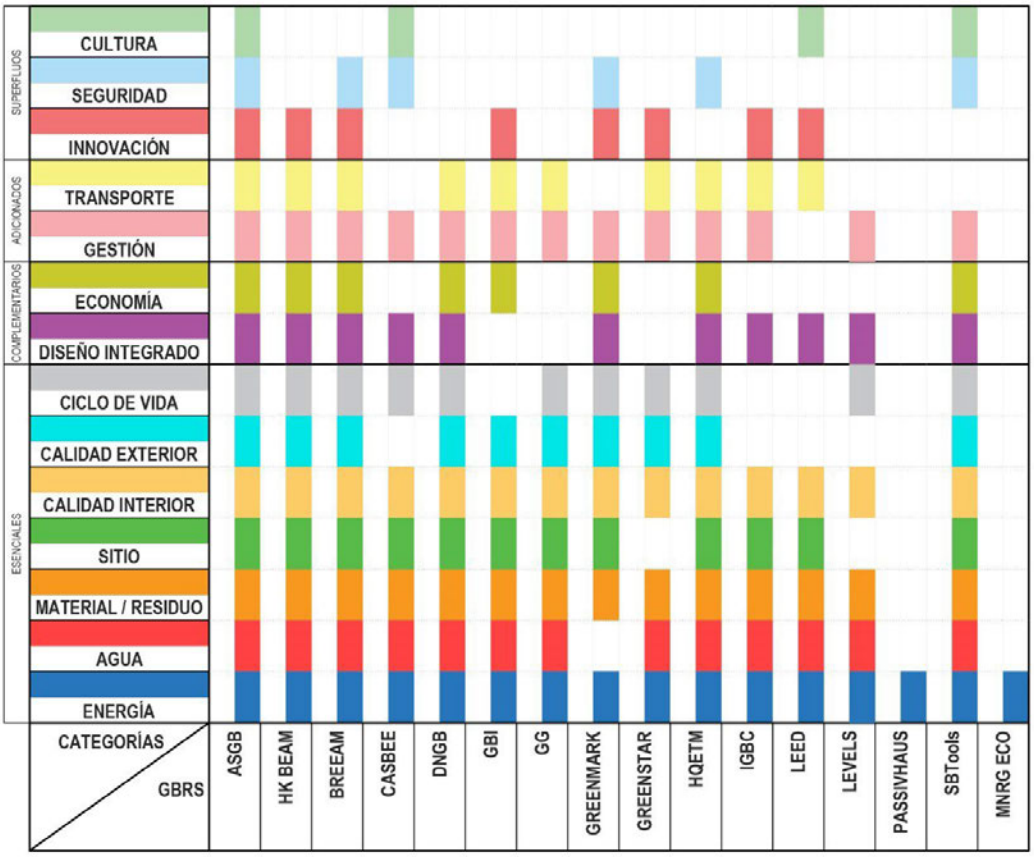


Figura 2. Categorías incluidas en los 16 GBRS seleccionados

Los GBRS menos completos son Minergie y PassivHaus, seguidos (desde un punto de vista ecológico) por LEED (con 5 categorías esenciales y 2 categorías añadidas y superfluas), IGBC (con 5 categorías esenciales y 1 categoría añadida y superflua) y LEVEL's.

La importancia que cada sistema otorga a cada categoría puede cuantificarse a partir de la puntuación máxima que se puede conseguir en cada una de ellas (Figs. 3 y 4).

La Fig. 3 muestra la puntuación máxima en cada categoría de los GBRS analizados. Cabe destacar que cada categoría puede tener indicadores incluidos en varias categorías diferentes en cada GBRS. Dado que todos los indicadores y categorías tienen un peso específico en el GBRS, para calcular la puntuación máxima que otorga cada GBRS en cada una de las 14 categorías identificadas en el marco común, se han utilizado factores de conversión de los diferentes GBRS para obtener una métrica general basada en 100, de modo que los diferentes sistemas puedan compararse directamente entre sí. La figura 3 muestra las puntuaciones máximas de las categorías basadas en un total de 100 puntos, además de los detalles de los factores de conversión utilizados. En la tabla se muestra los indicadores de los cuales se obtiene cada valor, independientemente de la categoría a la que pertenezca en cada GBRS.

Los GBRS que otorgan mayor importancia a la categoría de "energía" son: Minergie (100/100), PassivHaus (100/100), GM (60/100), SBTools (56,5/100) y LEED (30,91) (Fig. 4). Los que dan más importancia a la categoría de "agua" son: IGBC (23/100), BREEAM (15,1/100, GBI (13,5/100) y GS (12,73/100). Los que dan más importancia a la categoría de "uso de materiales y generación de residuos" son: GBI (15,5/100), IGBC (12/100), BREEAM (11,85/100) y LEED (11,82/100). Los que dan más importancia al "sitio" son SBTools

(28/100), CASBEE (16/100), BREEAM (15,83/100) y LEED (15,44/100), mientras que los que dan más importancia a la categoría de "salud y calidad interior" son HQE (42,66/100), CASBEE (32,4/100), DNGB (22,5/100) y GS (20,46/100).

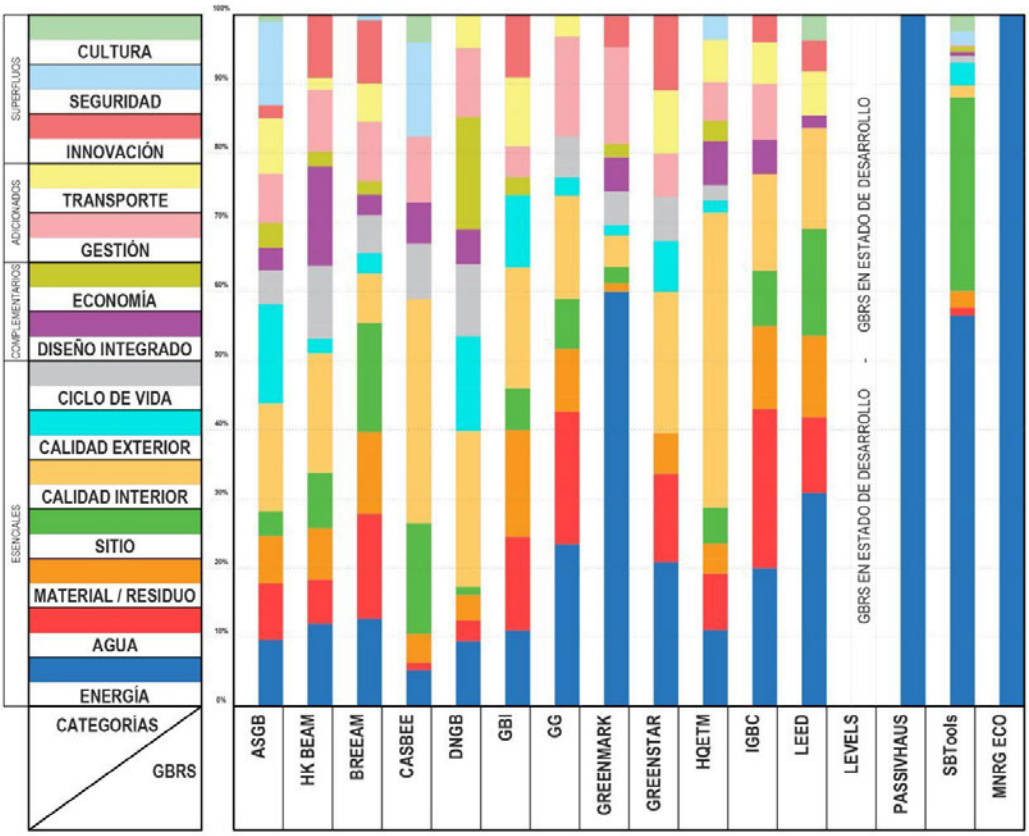


Figura 3. Máxima puntuación que se puede obtener en cada categoría de los 16 GBRS

Los GBRS que otorgan la mayor importancia a los aspectos ecológicos (categorías esenciales) son: SBTools (94,1/100), LEED (83,63/100) y GG (82,4/100) Los sistemas con mayor equilibrio ecológico (es decir, que otorgan una importancia relativa similar a las categorías esenciales) son: GG, BREEAM y BEAM.

En este análisis comparativo, se observa que muchos de los indicadores incluidos en las categorías de cada GBRS no son realmente indicadores que permitan medir y aplicar posteriormente las medidas correctivas correspondientes. De hecho, son solo propuestas iniciales de acciones concretas. Y esta no parece ser una estrategia eficaz para implementar acciones sostenibles efectivas. Los indicadores deberían representar (indicar) los objetivos, independientemente de cómo se puedan lograr en cada caso.

También encontramos una enorme discrepancia en el número de indicadores relacionados con el mismo tema entre los diferentes GBRS analizados. Algunos sistemas cuentan con pocos indicadores generales, mientras que otros GBRS cuentan con un amplio conjunto de indicadores más específicos. Los GBRS con los indicadores más específicos, de hecho, otorgan mucha más importancia a un tema en particular que aquellos con menos indicadores y más generales. También se ha observado que el peso específico de los indicadores comunes o equivalentes varía considerablemente entre los diferentes GBRS analizados, lo que puede socavar la validez de la mayoría, sino de todos.

El principal resultado del análisis comparativo de los 16 *Sistemas de Evaluación Sostenible de Edificios* (GBRS) más relevantes a nivel internacional, es que los más completos son ASGB, BEAM, BREEAM y DNGB, ya que incluyen los indicadores de las siete categorías esenciales y están bastante equilibrados, es decir, no dan demasiada importancia a una categoría sobre las demás. No se han incluido GG ni SBTools, ya que otorgan demasiada importancia a la energía, ni tampoco GG, que otorga demasiada importancia a la calidad del aire.

Los GBRS menos adecuados son Minergie, PassivHaus, LEVELs, IGBC y LEED.

		ASGB	HK BEAM	BREEAM	CASBEE	DNGB	GBI	GG	GREENMARK	GREENSTAR	HQETM	IGBC	LEED	LEVELS	PASSIVHAUS	SBTools	MNRG ECO
		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	N/A	100%	100%	100%
SUPERFLUOUS	CULTURE	0,96 *20			4,00 *41								3,64 *94	GBRS IN DEVELOPMENT ESTATUS		2,40	
	SECURITY	12,09 *19		0,78 *11	13,60 *40				0,19 *76		3,57					2,00 *102	
	INNOVATION	1,91	9,09	9,09			9,00 *61		4,48 *75	10,91		4,00	4,55				
ADDED	TRANSPORTATION	8,00 *18	1,75 *26	5,58		4,77 *51	10,00 *60	3,10 *66		9,09	6,15	6,00 *91	6,36				
	MANAGEMENT	7,10 *17	8,91 *25	8,53 *8	9,50 *39	10,00	4,50 *59	14,50 *65	13,96 *74	6,36 *83	5,56 *89	8,00				0,20 *101	
COMPLEMENTARY	ECONOMY	3,64 *16	2,10 *24	1,96 *12		16,25 *50	2,50 *58		2,00 *73		3,00					0,70	
	INTEGRATED DESIGN	3,26 *15	14,37	3,03 *9	6,00 *38	5,00 *49			4,88 *72		6,35 *88	5,00 *90	1,82 *93			0,60 *100	
ESSENTIALS	LIFE CYCLE	4,85 *14	10,62 *23	5,45 *10	8,00 *37	10,42 *48		5,90 *64	4,88 *71	6,36 *82	2,18 *87			GBRS IN DEVELOPMENT ESTATUS		1,00 *99	
	EXTERIOR QUIALITY	14,33 *13	2,10 *22	2,97 *7		10,73 *47	10,50 *57	2,60 *63	1,47 *70	7,27 *81	1,79 *86					3,30 *98	
	INTERIOR QUALITY	15,64 *12	17,24	7,10 *6	32,40	22,50 *46	17,50 *56	15,00	4,57 *69	20,46 *80	42,66 *85	14,00	14,55			1,70	
	SITE	3,56 *11	8,05	15,83 *5	16,00 *36	1,23 *45	6,00 *55	7,20	2,39 *68		5,15 *84	8,00	15,44 *92			28,00 *97	
	MATERIAL / WASTE	6,84 *10	7,43 *21	11,85	4,20	3,66 *44	15,50 *54	9,10	1,18 *67	5,91 *79	4,36	12,00	11,82			2,40	
	WATER	8,18 *9	6,36	15,10 *4	1,05	3,00 *43	13,50 *53	19,10 *62		12,73 *78	8,13	23,00	10,91			1,20 *96	
	ENERGY	9,64 *8	11,98	12,73	5,25	9,45 *42	11,00 *52	23,50	60,0	20,91 *77	11,10	20,00	30,91		100	56,5 *95	100

(*1) Evaluates out of 110 points. Adapted to 100 (ASGB/ HK BEAM / BREEAM/GREENSTART/LEED)
(*2) CASBEE Evaluates a factor Q and Factor L from 1 to 5 and scale it to a 0 to 100 values and finally the quo obtained applying the Q/L formula produces an overall score transmitted through the BEE index.
(*3) Evaluates out of 100 points. Adapted to 100 (DGNB/GBI/GREEN MARK / IGBC)
(*4) GG evaluates out of 1000 points. Adapted to 100
(*5) HQE evaluates out of 504 points. Adapted to 100
(*6) LEVELS does not have category weights available.
(*7) SBTool evaluates out of 107 potentially active criteria adapted to 100%
(*8) ASGB Obtained from 1 valued prerequires; 3 of resources conservation; 1 of occupant comfort; 1 of improvement and innovation.
(*9) Obt. from 1 valued prerequires; 1 occupant comfort; 4 resources conservation; 1 habitable environment.
(*10) Obtained from 1 valued prerequires; 5 of resources conservation.
(*11) Obtained from 2 of occupant comfort; 2 of habitable environment
(*12) Obtained from 1 valued prerequires; 10 of health and comfort.
(*13) Obtained from 1 valued prerequires; 1 of occupant comfort; 6 of habitable environment; 1 of improvement and innovation.
(*14) Obtained from 4 security and durability; 1 of improvement and innovation.
(*15) Obtained from 1 of occupant environment; 2 of resources conservation; 1 of improv. and innovation.
(*16) Obtained from 1 valued prerequires;
(*17) Obtained from 1 of health and comfort; 6 of occupant comfort; 2 of improvement and innovation.
(*18) Obtained from 1 valued prerequires; 1 of occupant comfort.
(*19) Obtained from 1 valued prerequires; 5 of security and durability.
(*20) Obtained from 1 of innovation and improvement
(*21) HK BEAM Obtained from 1 of integrated design and const. management.
(*22) Obtained from 4 indicators of the sustainable site category
(*23) Obtained from 1 of sustainable site; 2 of materials and waste; 1 of energy use category.
(*24) Obtained from 2 of integrated design and const. management
(*25) Obt. from 6 integrated design and const. mgmt; 1 of sustainable site; 2 materials and waste; 1 energy use
(*26) Obtained from 1 of Sustainable site.
(*27) BREEAM Obtained from the indicators AG 01, AG 03, AG 04, SYB 09, SYB 10, and CONT 03
(*28) Obtained from the indicators SYB 07, TRA 02, USE 01, 02, 04, 05, and 06, CONT 01 and 02
(*29) Obtained from the indicators SYB 01, SYB 02, SYB 04 and SYB 05
(*30) Obtained from the indicators SYB 06, SYB 08 and CONT 05
(*31) Obtained from the indicator MAT 01
(*32) Obtained from the indicator ENE 04
(*33) Obtained from the indicator GST 02
(*34) Obtained from the indicators GST 01, GST 03, GST 04, GST 05 and SYB 12
(*35) Obtained from the indicator SYB 11
(*36) CASBEE Obtained from 3 of Q3 and 4 of LR2
(*37) Obtained from 3 of Q2 and 1 of LR3
(*38) Obtained from 2 of Q2
(*39) Obtained from 2 of Q2; 2 of R1 and 4 of LR2.
(*40) Obtained from 1 of Q1; 3 of Q2 and 1 of Q3.
(*41) Obtained from 1 of Q3.
(*42) DGNB Obtained from the indicators ENV1.1, TEC1.3 and TEC1.4
(*43) Obtained from the indicators ENV2.2
(*44) Obtained from the indicators ENV1.3, TEC1.6
(*45) Obtained from the indicators SITE1.1
(*46) Obtained from the indicators ECO2.6, SOC1.1, SOC1.2, SOC1.3, SOC1.4 and SOC1.6
(*47) Obtained from the indicators ENV1.2, ENV2.3 and ENV2.4, SOC1.6, SITE1.1
(*48) Obtained from the indicators ENV1.1, ECO2.4, TEC1.6
(*49) Obtained from the indicators SOC2.1
(*50) Obtained from the indicators ECO1.1, ECO2.4 and ECO2.7
(*51) Obtained from the indicators TEC3.1, SITE1.3 and SITE1.4
(*52) GBI Obtained from the indicators EE1, EE2, EE3 and EE4
(*53) Obtained from the indicators SM10 Sustainable, all of Water efficiency
(*54) Obtained from the indicators SM4, SM6 and SM7, all of Materials & resources
(*55) Obtained from the indicators SM1, SM2 and SM3
(*56) Obtained from the indicators EE1 and EE2, EQ1, EQ2, EQ3, EQ4, EQ5, EQ6
(*57) Obtained from the indicators SM10, SM11, SM12, SM13 and SM14
(*58) Obtained from the indicators EE3
(*59) Obtained from the indicators EE6, EQ7, SM5 and SM6
(*60) Obtained from the indicatorsSM8 and SM9
(*61) Obtained from the indicators EE5, all of Innovation
(*62) GG Obtained from de indicators SITE 2.4, WE 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8 and 4.9
(*63) Obtained from the indicators SITE 2.5 and 2.6
(*64) Obtained from the indicators MAT 5.1 and MAT 5.2
(*65) Obtained from the indicators PM 1.1, PM 1.2, PM 1.3, PM 1.4, PM 1.5, ENE 3.3 and WE 4.7
(*66) Obtained from the indicator SITE 2.2
(*67) GM Obtained 1 belongs to resilience; 1 belongs to shole life carbon and 1 belongs to health wellbeing.
(*68) Obtained were recategorized 4 of resilience
(*69) Obtained were recategorized 5 of health and wellbeing.
(*70) Obtained were recategorized 3 of health and wellbeing.
(*71) Obtained 1 belongs to resilience; 3 whole life carbon
(*72) Obtained 1 belongs to resilience; 2 belongs to health and wellbeing and 2 belongs to intelligence.
(*73) Obtained were recategorized 2 of whole life carbon.
(*74) Obtained 3 belongs to resilience; 2 whole life carbon; 3 intelligence and 9 belongs to maintainability.
(*75) Obtained 1 belongs to every category but 2; 2 belongs to maintainability.
(*76) Obtained was recategorized 1 of health and wellbeing.
(*77) GS Obtained from the indicators GS14, GS15 and GS16
(*78) Obtained from the indicators GS18 Water, GS26 Emissions
(*79) Obtained from the indicators GS8 Management, GS20, GS21 and GS22 Materials
(*80) Obtained from the indicators GS3 and GS7 Management, all of Indoor Environment Quality, GS21
(*81) Obtained from the indicators all of Land use & ecology, GS27 and GS29
(*82) Obtained from the indicators GS19
(*83) Obtained from the indicators GS2, GS4 and GS5
(*84) HQE Obtained from the indicators SOL. Land use and BDV. Biodiversity
(*85) Obtained from the indicators FL. Location characteristics chapter 1
(*86) Obtained from the indicators CC. Climate change
(*87) Obtained from the indicators CDE. Durability calculation of the envelope, DCN. Deconstruction
(*88) Obtained from the indicators FL. location characteristics, chapter 2 (quality of life)
(*89) Obtained from the indicators BC. Connected building, RES. Management of the main climate risks and DG. General regulations
(*90) IGBC Obtained from the indicators SD3, SD4, RM2
(*91) Obtained from the indicators SD5, SD6
(*92) LEED Obtained from the indicators Ltc. leed for neighborhood development location, Ltc. sensitive land protection, Ltc. high priority site, Ltc. surrounding density and diverse uses, and sustainable sites SS
(*93) Obtained from the indicators INc. leed accredited professional, IPc. integrative process of LEED
(*94) Obtained from the indicators RP. regional priority
(*95) SB TOOL Obtained from the indicators project infrastructure and services, C1
(*96) Obtained from the indicators B4
(*97) Obtained from the indicators C4, C5
(*98) Obtained from the indicators C2
(*99) Obtained from the indicators E4, E5
(*100) Obtained from the indicators E2
(*101) Obtained from the indicators E3 Controllability
(*102) Obtained from the indicators E1

Figura 4. Máxima puntuación que se puede obtener en cada categoría de los 16 GBRS

5. CONCLUSIONES

En este artículo se ha realizado un análisis comparativo de dieciséis de los GBRS internacionales más destacados. Las conclusiones más importantes son:

- Los GBRS más completos son: ASGB, BEAM, BREEAM y DGNB. De todos ellos, el mejor es: DGNB.
- Los 16 GBRS analizados son muy diferentes entre sí y presentan deficiencias en su estructura interna, la estructura de categorías e indicadores, los mecanismos de puntuación, y especialmente en la ponderación inadecuada de los indicadores. Esta enorme variación imposibilita la realización de estudios comparativos más allá del realizado en el presente trabajo. Por ello se debería establecer un marco común para mejorar los GBRS actuales y desarrollar nuevos sistemas más cohesivos, legítimos y eficaces.
- Para diseñar un marco común para el desarrollo de futuros GBRS se deben realizar estudios de casos concretos. Se deberían realizar estudios comparativos entre edificios con diseño convencional y edificios diseñados siguiendo algún GBRS.
- Las grandes diferencias entre los GBRS para evaluar la sostenibilidad ponen en evidencia la falta de un consenso internacional sobre el concepto de sostenibilidad. El hecho de que un mismo edificio pueda calificarse con niveles de sostenibilidad muy variables según el GBRS elegido pone muy en duda la credibilidad de todos los GBRS actuales.
- Los GBRS actuales tienden a priorizar la incorporación en los edificios de dispositivos que consumen energía (calefacción, ventilación, aire acondicionado, iluminación, etc…) lo que, además de aumentar los costes de construcción, subestiman el diseño conceptual del edificio, que esencial para la sostenibilidad. El diseño adecuado de un edificio optimiza los recursos, minimiza los residuos y las emisiones, mejora la calidad de vida y reduce drásticamente la demanda energética (al maximizar la captación solar pasiva en invierno, limitar la ganancia de calor en verano y utilizar la ventilación natural). Por ello, para fomentar una auténtica sostenibilidad, es fundamental modificar los GBRS existentes, y crear otros nuevos, que puedan valorar adecuadamente el diseño de los edificios.
- Los futuros GBRS deben ser exhaustivos, rigurosos, creíbles y eficaces, pero lo suficientemente sencillos como para que se puedan utilizar como metodologías prácticas de diseño. Estos sistemas deben ser gratuitos, y deben integrarse fácilmente en la práctica habitual de arquitectos e ingenieros, así como en la formación en arquitectura e ingeniería. De este modo, la evaluación de la sostenibilidad de los edificios se convertiría en una verificación administrativa sencilla y gratuita, como debió ser desde un principio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ali, A., Juudit, O. & Jaana, S. (2019). Are buildings with LEED certifications energy efficient in practice?. *Sustainability* 11(6), 1672 https://doi.org/10.3390/su11061672

Altan, H. & Binh K. N. (2011). Comparative Review of Five Sustainable Rating Systems. *Procedia Engineering*, 21, 376-386 https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2029

Amiri, A., Ottelin, J. & Sorvari, J. (2019). ¿Are LEED-Certified Buildings Energy-Efficient in Practice? *Sustainability, 11(6), 1672* https://doi.org/10.3390/su11061672

Andrade, J. & Braganca, L. (2016). Sustainability assessment of dwellings-A comparison of methodologies. *Civil Engineering and Environmental Systems* 2016, 33, 125-146 https://doi.org/10.1080/10286608.2016.1145676

Andújar, J. M., Gómez, S. & Sánchez, A. (2020). Green building rating systems and the new framework level(s): A Critical Review of Sustainability Certification within Europe. *Energies* 13(1), 66 https://doi.org/10.3390/en13010066

Asdrubali, F., Baldinelli, G., Bianchi, F. & Sambuco, S. (2015). A comparison between environmental sustainabilityrating systems LEED and ITACA for residential buildings. *Building and Environment* 86, 98-108 https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.01.001

ASGB 2019. Assessment Standard for Green building https://www.eia543.com/documents/14%E5%BB%BA%E7%AD%91%E8%AE%BE%E8%AE%A1%26%E5%AE%A4%E5%86%85%E7%A9%BA%E6%B0%94%E6%B1%A1%E6%9F%93%E7%A0%94%E7%A9%B6/%E7%BB%BF%E8%89%B2%E5%BB%BA%E7%AD%91%E8%AF%84%E4%BB%B7%E6%A0%87%E5%87%86%EF%BC%88GB%20T%2050378-2019%EF%BC%89.pdf

Awadh, O. (2017). Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama criticalanalysis. *Journal of Building Engineering*, 11, 25-29 https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2017.03.010

BEAM 2024. Building Environmental Assessment Method https://www.beamsociety.org.hk/files/_404%20New%20Buildings%20(Full%20Version).pdf

Berardi, U. (2013). Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building. *Sustainable Cities and Society* 8, 72-8 https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.01.008

Bernardi, E., Carlucci, S., Cornaro, C. & Bohne, R.A. (2017). An Analysis of the Most Adopted Rating Systems for Assessing the Environmental Impact of Buildings. *Sustainability*, 9(7), 1226 https://doi.org/10.3390/su9071226

Borrallo, M., López de Asiain, M., Esquivias, P. M. & Delgado, D. (2022). Comparative study between the Passive House Standard in warm climates and Nearly Zero Energy Buildings under Spanish Technical Building Code in a dwelling design in Seville, Spain. *Energy and Buildings* 254 (111570) https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111570

BREEAM 2020. Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology. https://breeam.es/manuales-tecnicos

Buter, R. & Van Raan, A. (2013). Identification and analysis of the highly cited knowledge base of sustainability science. *Sustainability science* 8, 253-67 https://doi.org/10.1007/s11625-012-0185-1

CASBEE 2019. Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency. https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/download.htm

Chen, X., Yang, H. & Lu, L. (2015). A comprehensive review on passive design approaches in green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 50(C), 1425-1436 https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.003

Conniff, R. (2017). Why Don't Green Buildings Live Up to Hype on Energy Efficiency? *Yale Environment* 360: New Haven, CT https://e360.yale.edu/features/why-dont-green-buildings-live-up-to-hype-on-energy-efficiency

Darko, A. & Chan, A. P. C. (2016). Critical analysis of green building research trend in construction journals. *Habitat International*, 57, 53-63 https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.07.001

De Garrido, L. (2008). *Analysis of Sustainable Architecture Projects. "Artificial Natures 2001-2008"*. McGraw-Hill. 485 pages. ISBN 978-84-481-6802-5

De Garrido, L. (2012). *A New Paradigm in Architecture*. Monsa. 528 pages. ISBN 978-84-152-2375-7

De Garrido, L. (2012 b). *Self-Sufficient Green Architecture*. Monsa. 96 pages. ISBN 978-84-15223-76-4

De Garrido, L. (2013). *Design Practice of the New Architectural Paradigm*. Synthesis. 216 pages. ISBN 978-84-94009-40-2

De Garrido, L. (2014). *Zero Energy Architecture*. Editorial Monsa. 112 pages. ISBN. 978-84-15829-54-6

De Garrido, L. (2014 b). *Extreme Bioclimatic Architecture*. Monsa. 112 pages. ISBN. 978-84-15829-55-3

De Garrido, L. (2017). *Manual of Advanced Ecological Architecture*. Editorial Nobuko Design. 354 pages. ISBN. 978-98-74160126

Ding, Z., Fan, Z., Tam, V.W., Bian, Y., Li, S., Illankoon C. S. & Moon, S. (2018). Green building evaluation system implementation. *Building and Environment* 133, 32-40 https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.012

DGNB 2023. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen https://www.dgnb.de/en/certification/buildings/new-construction/version-2023

Doan, D.T., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Zhang, T., Ghaffarianhoseini, A. & Tookey, J. (2017). A critical comparison of green building rating systems. *Building and Environment*, 123, 243-260 https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.007

Ferreira, J., Pinheiro, M. D. & de Brito, J. (2014). Portuguese sustainable construction assessment tools benchmarkedwith BREEAM and LEED: An energy analysis. *Energy Building* 69, 451-463 https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.039

Florez, L. (2020). Sustainability and Green Building Rating Systems: A Critical Analysis to Advance Sustainable Performance, Editor(s): Saleem Hashmi, Imtiaz Ahmed Choudhury, Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials, Elsevier, 211-220. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11411-0

Friedmann, W. & Munro, L. (2010). *United Nations International Journal* 1, 102

GBI 2014. Green Building Index 2014. https://www.greenbuildingindex.org/gbi-tools/

GG 2022. Green Globes. Green Globes New Construction 2021 https://thegbi.org/wpcontent/uploads/2022/11/Green_Globes_NC_2021_ES_BEQ_Technical_Reference_Manual.pdf

GM 2021. Green Mark. Certification Standard. Technical Manual https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-certification-scheme/green-mark-2021

GS 2022. Green Star. Green Star Design & As Built. Technical Manual. https://www.gbca.org.au/shop/green-star-rating-tools/#

Haapio, A. (2012). Towards sustainable urban communities. *Environmental Impact Assessment Review*, 32, 165-9 https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.08.002

He, Y., Kvan, T., Liu, M. & Li, B. (2018). How green building rating systems affect designing green. *Building and Environment* 133, 19-31 https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.007

HQE 2024. Haute Qualité Environnementale https://www.qualitel.org/professionnels/documentation/referentiels-nf-habitat-hqe/

IGBC 2019. Indian Green Building Council. https://igbc.in/igbc-green-homes.php

Illankoon, C. S., Tam, V. W. Y., Le, K. N. & Shen, L. (2017). Key credit criteria among international green building rating tools. *Journal of Cleaner Production*, 164, 209-220 https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.206

Katiyar, M., Sahu, A.K., Agarwal, S.K. & Tiwari, P.K. (2021). Role of Spatial Design in Green Buildings-A Critical Review of Green Building Rating Systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1116,*1, 12-166* https://doi.org/10.1088/1757-899X/1116/1/012166

Kibert, C. J. (2016). *Sustainable construction: green building design and delivery*. John Wiley & Sons. ISBN: 978-1-119-70645-8

Klopp, J. M. & Petretta, D. L. (2017). The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. *Cities*, 63, 92-97 https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.12.019

Komeily, A. & Srinivasan, R. S. (2015). A need for balanced approach to neighborhood sustainability assessments: A critical review and analysis. *Sustainable Cities and Society* 18, 32-43 https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.05.004

Lee, W. L. & Burnett, J. (2008). Benchmarking energy use assessment of HK-BEAM, BREEAM and LEED. *Building and Environment* 43, 1882-1891 https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.11.007

Lee, W. (2013). A comprehensive review of metrics of building environmental assessment schemes. *Energy and Buildings* 62, 403-413 https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.014

LEED 2019. *Leadership in Energy and Environmental Design*. https://www.usgbc.org/tools/leed-certification/homes_CLASIFICACION.pdf

LEED litigations 2011. https://www.hahnlaw.com/news/contractors-and-owners-beware-lawsuit-follows-green-construction.

LEVELS 2019. Available online: https://susproc.jrc.ec.europa.eu/Efficient_Buildings/documents.html

Li, Y., Yu, W., Li, B. & Yao, R. (2016). A multidimensional model for green building assessment: A case study of a highest-rated project in Chongqing. *Energy and Buildings* 125, 231-43 https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.055

Littig, B. & Griessler, E. (2006). Social sustainability: A catchword between political pragmatism and social theory. *International Journal of Sustainable Development* 8, 65 https://doi.org/10.1504/IJSD.2005.007375

Lu, W., Chi, B., Bao, Z. & Zetkulic, A. (2019). Evaluating the effects of green building on construction waste management: A comparative study of three green building rating systems. Building and Environment, 155, 247-256 https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.050

Mattoni, B., Guattari, C., Evangelisti, L., Bisegna, F., Gori, P. & Asdrubali, F. (2018). Critical review and methodological approach to evaluate the differences among international green building rating tools. Renewable and Sustainable Energy Review, 82, 950-960 https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.105

Minergie 2022. https://www.minergie.ch/media/20170906_flyer_minergie_allgemein_en_rgb.pdf

Montes, G. M., Bayo, J. A., Escobar, B. M., Mattinzioli, T. & Pinazo, M. A. (2021). Sustainability building rating systems. A critical review. Time for change?. In Ayuso Muñoz, J. L., Yagüe Blanco, J. L., Capuz-Rizo, S. F. (eds). *Project Management and Engineering Research*, 391-404

Nguyen, T.H., Toroghi, S. H. & Jacobs, F. (2016). Automated Green Building Rating System for Building Designs. *Journal of Architectural Engineering*, 22, 4 https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000168

PassivHaus 2023. https://passiv.de/downloads/03_building_criteria_en.pdf

Reader, L. (2011). Residential Rating Systems: A Comparison, in: Reader, L (Ed.), Guide to Green Building Rating Systems: Understanding LEED, Green Globes, Energy Star, the National Green Building Standard, and More. John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, pp. 1-25 https://doi.org/10.1002/9781118259894

Runde, T. & Thoyre, S. (2010) Integrating sustainability and green building into the appraisal process. *Journal of Sustainable Real Estate* 2(1), 221-48 https://doi.org/10.1080/10835547.2010.12091795

SBTools 2022. https://www.iisbe.org/sbmethod

Scimago (2019). Scimago Lab. SJR: Scientific Journal Rankings. 2019 https://www.scimagojr.com/journalrank.php?year=2019

Scofield, J. H. (2009). "Do LEED-certified buildings save energy? Not really". Energy and Buildings 41, 1386-90 http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.006

Scofield, J. H. & Doane, J. (2018). Energy performance of LEED-certified buildings from 2015 Chicago benchmarking data, Energy and Buildings, 174, 402-413 https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.06.019

Scofield, J. H. & Cornell, J. (2019). A critical look at "Energy savings, emissions reductions, and health co-benefits of the green building movement". *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 29, 584-593 https://doi.org/10.1038/s41370-018-0078-1

Tang, K. H. D., Foo, C. Y. H. & Tan, I. S. (2020). A review of the green building rating systems. IOP Conference Series. *Materials Science and Engineering*, Bristol, 943(1). doi:10.1088/1757-899X/943/1/012060 https://doi.org/10.1088/1757-899X/943/1/012060

UCLGPS (2010). Culture: Fourth Pillar of Sustainable Development; United Cities Local Government Policy Statement: Barcelona, Spain, 2010

Varma, C. R. S. & Palaniappan, S. (2019). Comparision of green building rating schemes used in North America, Europe and Asia. *Habitat International* 89, 101989. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.05.008

Yanarella, E. J., Levine, R. S. & Lancaster, R. W. (2009). Research and solutions: "Green" vs. Sustainability: From semantics to enlightenment. *Sustainability: The Journal of Record*, 2, 296-302. https://doi.org/10.1089/SUS.2009.9838

ESTIMACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS GENERADOS POR LA INDUSTRIA DE BALDOSAS CERÁMICAS EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN, ESPAÑA

ESTIMATION OF CERAMIC WASTE GENERATED BY THE CERAMIC TILE INDUSTRY IN THE PROVINCE OF CASTELLÓN, SPAIN

Mª Ángeles Roca-Fernández[(1)], Eduardo del Olmo García[(2)], Ángel M. Pitarch Roig[(3)], Lucia Reig Cerdá[(4)], Mª José Ruá Aguilar[(5)], David Hernández-Figueirido[(6)], Marta Roig-Flores[(7)], Vicente Albero Gabarda[(8)], Ana Piquer Vicent[(9)]

[1] Escuela de Doctorado, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, marroca@uji.es
[2] Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, edelolmo@uji.es
[3] Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Cátedra Arquitectura Circular, Universitat Jaume I, Castellón, España, pitarcha@uji.es
[4] Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, reig@uji.es
[5] Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Cátedra Arquitectura Circular, Universitat Jaume I, Castellón, España, rua@uji.es
[6] Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, hernandd@uji.es
[7] Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, roigma@uji.es
[8] Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, valbero@uji.es
[9] Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, ana.piquer@uji.es

RESUMEN

La provincia de Castellón es un núcleo destacado a nivel internacional en la producción de baldosas cerámicas de pavimento y revestimiento, caracterizada por su alta actividad industrial y su peso estratégico en la economía local y nacional. No obstante, la escasa disponibilidad de información sistematizada y actualizada sobre la cantidad, naturaleza y tipología de los residuos generados por esta industria limita de forma significativa la posibilidad de evaluar su impacto ambiental con precisión y dificulta el diseño de estrategias de gestión eficaces y sostenibles.

Este trabajo tiene como objetivo identificar y cuantificar los principales residuos generados en el proceso productivo de este sector mediante el análisis de datos proporcionados por las empresas gestoras de residuos localizadas en el entorno de la industria cerámica de Castellón. Los resultados permitirán correlacionar los volúmenes de producción cerámica con la generación de residuos, contribuyendo a caracterizar la huella ambiental de esta industria en la provincia de Castellón.

Además de identificar y cuantificar detalladamente los residuos, se plantean propuestas para su posible reutilización, promoviendo un modelo más sostenible de producción y gestión de recursos. Relacionar la producción industrial con los residuos derivados contribuirá al desarrollo de iniciativas de economía circular en la región, facilitando la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades y empresas implicadas. Finalmente, esta información servirá para orientar futuras líneas de investigación hacia los residuos de mayor volumen o que presenten mayores desafíos para su valorización, optimizando tanto la producción como la gestión de los residuos en el sector cerámico de Castellón.

Palabras clave: *Árido reciclado, economía circular, puzolana, residuos cerámicos, reutilización*

ABSTRACT

The province of Castellón is a relevant international hub for the production of ceramic wall and floor tiles, characterized by its high level of industrial activity and its strategic importance to both the local and national economy. However, the limited availability of systematized and up-to-date information regarding the quantity, nature, and typology of the waste generated by this industry significantly hampers the ability to

accurately assess its environmental impact and complicates the development of effective and sustainable waste management strategies.

This study aims to identify and quantify the main mineral types of waste generated in the production process of this sector through the analysis of data provided by waste management companies operating within the ceramic industry cluster of Castellón. The results will make it possible to correlate ceramic production volumes with waste generation, contributing to a more accurate characterization of the environmental footprint of this industry in the province of Castellón.

In addition to the detailed identification and quantification of ceramic waste, this study proposes potential strategies for its reuse, promoting a more sustainable model of production and resource management. Linking industrial production with the resulting waste will contribute to the development of circular economy initiatives in the region, facilitating informed decision-making by the relevant authorities and companies. Finally, the information collected will help guide future research efforts toward the most voluminous or challenging ceramic waste types in terms of recovery, with the aim of optimizing both production processes and waste management within Castellón's ceramic sector.

***Keywords**: Recycled aggregate, circular economy, pozzolana, ceramic waste, reuse, re-use*

1. INTRODUCCIÓN

La industria española de baldosas cerámicas es una de las más dinámicas e innovadoras de España. A nivel mundial, el sector cerámico español se posiciona como líder en cuanto a desarrollo tecnológico, diseño y calidad de servicio. Con una producción de 394 millones de m^2 en 2023, fue el 8º productor mundial, y el tercer país exportador, con 3479 millones de euros en exportaciones (Baraldi, 2024; ASCER, 2023). Aproximadamente el 94% de la producción nacional de baldosas cerámicas tiene su origen en la provincia de Castellón, donde se ubica el 80% de las empresas del sector (ASCER, 2025). Así, este sector tiene un gran peso en la economía valenciana y española, representando el 22,2% del PIB industrial de la Comunidad Valenciana y más del 32,2% del total del PIB de la provincia de Castellón. Además, según un informe sobre el impacto socioeconómico del sector de azulejos y pavimentos cerámicos y su relevancia para la provincia de Castellón (PriceWaterhouseCoopers, 2024), en el año 2023 el clúster cerámico representó el 19,8% del empleo industrial de la Comunidad Valenciana y el 26,4% del total del empleo de la provincia de Castellón.

La gestión de residuos en España viene regulada mediante la (Ley 7/2022), de residuos y suelos contaminados para una economía circular, y en el ámbito de la comunidad Valenciana con la (Ley 5/2022), de residuos y suelos contaminados para el fomento de la economía circular. En dicha legislación se definen los diferentes agentes que intervienen en el proceso de producción, gestión y tratamiento de los residuos, así como las obligaciones de cada uno de ellos. En especial, para la gestión de los residuos es necesaria la autorización e inscripción en el registro de productores y gestores de residuos (GVA, 2025). Asimismo, la trazabilidad de los residuos se establece de acuerdo con los códigos de la Lista Europea de Residuos (LER), basados en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por la (Decisión 2000/532/CE).

Por todo ello, el objetivo principal de este trabajo es identificar y cuantificar los residuos más relevantes generados en la provincia de Castellón durante el proceso de fabricación de baldosas cerámicas. Esta caracterización resulta esencial para evaluar el impacto ambiental del sector, diseñar estrategias de gestión más sostenibles y explorar posibles vías de reutilización de dichos residuos.

2. METODOLOGÍA

Tal como muestra la Figura 1, la presente investigación se desarrolló en 6 pasos. Los dos primeros se centraron en la búsqueda y solicitud de datos relacionados con la producción cerámica en la provincia de Castellón, las empresas gestoras de los residuos generados durante la fabricación de baldosas cerámicas, así como el tipo y cantidad de residuos gestionados anualmente. En la tercera etapa se elaboró una base de datos con la información recibida, que fue analizada en la cuarta fase del estudio, organizando y agrupando los datos obtenidos, y asignando una misma nomenclatura para el mismo tipo de residuo. Con el fin de evitar duplicar información, en esta etapa, se clarificaron aspectos como la relación entre las diferentes empresas actoras, diferenciando entre residuos consumidos y generados. En el quinto paso se concretaron los residuos más frecuentemente generados por la industria cerámica de la provincia, así como su volumen anual.

Finalmente, se establecieron posibles líneas de revalorización y reciclaje para los residuos estudiados, dentro y fuera del sector de la construcción.

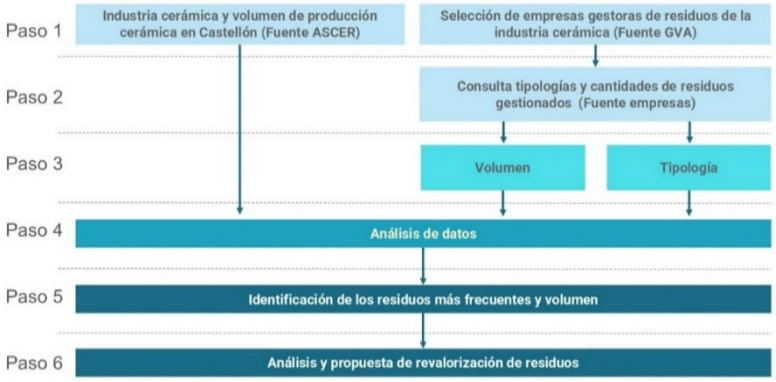


Figura 1. Esquema de la metodología utilizada

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Producción de la Industria cerámica en la provincia de Castellón

Tal como se ha indicado, la industria española de revestimientos cerámicos generó un volumen de 399 millones de m^2 durante el año 2023 (Baraldi ,2024; ASCER, 2023). Así mismo, el 94% de la producción española se localiza en la provincia de Castellón (ASCER, 2025), por lo que se puede estimar que en este entorno se fabrican aproximadamente 370 millones de m^2. Considerando un peso medio de 21,7 kg/m^2 (AENOR, 2019), resulta una producción aproximada en la provincia de 8 millones de toneladas anuales. Según la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER, 2023), la producción de baldosas cerámicas es mayoritariamente de pasta blanca con un 82% (productos fabricados con arcillas blancas), siendo un 18% de las baldosas de pasta roja (arcillas con óxidos de hierro). A su vez, según tipología de producto, entorno a un 65% de las baldosas cerámicas fabricadas en 2022 fueron de gres porcelánico, un 8,7% de gres, un 25,2% azulejos y el 0,5% restante otros productos.

3.2 Estimación inicial de los residuos generados

Según (Álvaro, 2025), la estrategia "*Hacia el Residuo Cero*" ha permitido ahorrar en 2023 unas 810.000 toneladas de materias primas vírgenes, evitando la transformación de 77 hectáreas en vertederos. De acuerdo con el informe de "*Economía Circular en el Sector de Baldosas Cerámicas"* realizado por (Quereda, 2024), en 2024 las ratios de revalorización de residuos fueron de 2,1 kg/m^2 de residuos sólidos y de 2,34 l/m^2 de líquidos, lo que según supone un 12,9 % de productos reciclados respecto de la materia prima total. El contenido del reciclado representa el 93% en peso de los residuos generados en el sector. La Tabla 1 muestra una cuantificación aproximada de las materias primas y los residuos generados, realizada a partir de los estudios previos realizados.

Tabla 1. Recopilación de información sobre la producción y estimación de residuos generados y valorizados.

Dato	Unidad	Concepto	Fuente
394	Millones de m^2	Producción de baldosas cerámicas	(Baraldi, 2024)
8.400.000	Toneladas	Consumo de materias primas	(Quereda, 2024)
890.000	Toneladas	residuos sólidos	estimado a partir de (Quereda, 2024)
830.000	Toneladas	residuos sólidos valorizados	estimado a partir de (Quereda, 2024)
62.277	Toneladas	residuos sólidos NO valorizados	estimado a partir de (Quereda, 2024)
7.000.000	m^3	consumo de agua	(Quereda, 2024)
991.355	m^3	residuos líquidos generados	estimado a partir de (Quereda, 2024)
921.960	m^3	líquidos revalorizados	estimado a partir de (Quereda, 2024)
69.395	m^3	líquidos NO valorizados	estimado a partir de (Quereda, 2024)

Por lo tanto, a pesar del gran esfuerzo de reutilización de los residuos cerámicos, aún existe un volumen importante, en torno a 60.000 toneladas de residuos sólidos y 70.000 m^3 de líquidos, sin revalorizar. Estos datos se muestran gráficamente en la Figura 2.

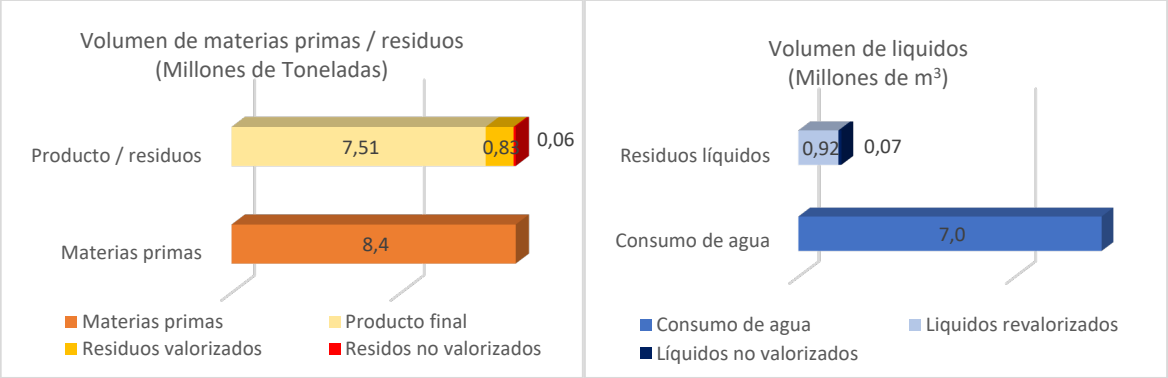


Figura 2. Estimación de los residuos sólidos y líquidos generados, realizada a partir de (Quereda, 2024)

3.3 Tipologías de residuos generados en la industria cerámica

Una fuente útil para la tipificación de los residuos de un determinado sector es el Análisis de Ciclo de Vida. En el caso de los revestimientos cerámicos, existe un Informe sectorial (ITC, 2023), en el que se definen las diferentes etapas del ACV de los revestimientos cerámicos, así como los residuos generados en cada una de ellas. En el caso de la etapa de fabricación, se definen los residuos indicados en la Tabla 2.

Tabla 2. Residuos específicos por m^2 de revestimiento cerámico producido. (Fuente: Informe sectorial ACV. ITC 2023).

Agrupación de residuos	Residuos específicos	Código LER	Cantidad media (ponderada por producción (kg/m²)
Residuos peligrosos que van a reciclaje	Aceite usado	13 02 05 *	2,0E-02
	Aerosoles	15 01 11 *	
	Envases contaminados	15 01 10*	
	Filtros usados/trapos y absorbentes contaminados	15 02 02*	
	Tierra contaminada	17 01 06*	
	Esmaltes antes de la cocción	10 11 09*	
	Filtros de aceite	16 01 07	
	Esmaltes antes de la cocción	101109*	
Residuos no peligrosos que van a reciclaje	Chatarra	17 04 05	3,4
	Equipos Electrónicos y eléctricos	16 02 14	
	Tiesto cocido	10 12 08	
	Tiesto crudo	10 12 01	
	Suspensiones acuosas que contienen materiales cerámicos	08 02 03	
	Lodos acuosos que contienen materiales cerámicos	08 02 02	
	Tortas filtro-prensa/partículas y polvo	10 12 13	
Residuos de papel y cartón que van a reciclaje	Envases Cartón/papel	15 01 01	1,1E-02
Residuos de madera que van a reciclaje	Envases de madera	15 01 03	1,5E-02
Residuos de plástico que van a reciclaje	Envases de plástico	15 01 02	1,8E-02
	Plásticos	07 02 13	
Residuos de piezas cerámicas cocidas que se reciclan en otro proceso	Preparación mezclas después del proceso de cocción	10 12 08	3,3E-01

(*) Residuos peligrosos

Cabe destacar que en la Tabla 2 existen residuos con el mismo código LER en diversas agrupaciones, como el 10 12 08 (tiesto cocido), presente en los residuos no peligrosos que van a reciclaje, y en residuos de piezas cerámicas cocidas que se reciclan en otros procesos.

Con estas ratios de residuos, suponiendo una producción de cerámica total en la provincia de Castellón de 370 millones de m^2 (Baraldi, 2024; ASCER, 2023), resultan las cantidades de residuos de la Tabla 3:

Tabla 3. Estimación toneladas de residuos industria cerámica Castellón. Calculado a partir de (ITC 2023).

Tipología residuos	Ratio residuos ACV (kg/m^2)	Total residuos CS (kg)	Total residuos CS (t)
Residuos Peligrosos a reciclaje	0,02	7.407.200	7.407
Residuos No Peligrosos (Varios)	3,40	1.259.224.000	1.259.224
Papel y Cartón	0,01	4.073.960	4.074
Madera	0,02	5.555.400	5.555
Plástico	0,02	6.666.480	6.666
Piezas cocidas (10 12 08)	0,33	122.218.800	122.219
	3,79	1.405.145.840	1.405.146

En la Tabla 4 se indica una relación de los códigos LER de los residuos de composición definidos en la Tabla 2 como residuos sólidos que van a reciclaje, y residuos de piezas cocidas que se reciclan en otro proceso.

Tabla 4. Códigos LER de los residuos minerales definidos en Informe sectorial ACV. (ITC, 2023).

Código LER	Descripción del residuo
08 02 02	Lodos acuosos que contienen materiales cerámicos
08 02 03	Suspensiones acuosas que contienen materiales cerámicos
10 12 01	Residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción
10 12 08	Residuos de cerámica, ladrillos, tejas y materiales de construcción (después del proceso de cocción)
10 12 13	Lodos del tratamiento in situ de efluentes

3.4 Empresas productoras y gestoras.

La Ley 5/2022, de 29 de noviembre, de residuos y suelos contaminados para el fomento de la economía circular en la Comunitat Valenciana incluye las siguientes definiciones.

Residuo: *cualquier sustancia u objeto que el poseedor tire o tenga la intención o la obligación de tirar.*

Agente: *toda persona física o jurídica que organice la valorización o la eliminación de residuos por encargo de terceros, incluidas aquellas que no tomen posesión física de los residuos.*

Gestor de residuos: *la persona física o jurídica, pública o privada, registrada mediante autorización o comunicación que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de estos.*

Poseedor de residuos: *el productor de residuos u otra persona física o jurídica que esté en posesión de residuos. Se considera poseedor de residuos el titular catastral de la parcela en la que se localizan residuos abandonados o basura dispersa, y es responsable administrativo de estos residuos, excepto en aquellos casos en los cuales sea posible identificar al autor material del abandono o poseedor anterior.*

Productor de residuos: *cualquier persona física o jurídica cuya actividad produzca residuos (productor inicial de residuos) o cualquier persona que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de aquellos residuos…*

En la Figura 3 se muestra de forma esquemática el proceso de fabricación de materiales cerámicos de revestimiento y sus procesos de gestión de los residuos.

Se consideran **productores de residuos** las empresas fabricantes de revestimientos cerámicos, de las cuales existen 101 registros con los códigos LER 101201 (tiesto crudo) y 101208 (tiesto cocido) en el registro de productores y gestores de residuos (GVA, 2025). Dicha información es coherente con el censo de fabricantes españoles, en el que se estiman 109 fabricantes en la Asociación (ASCER, 2023).

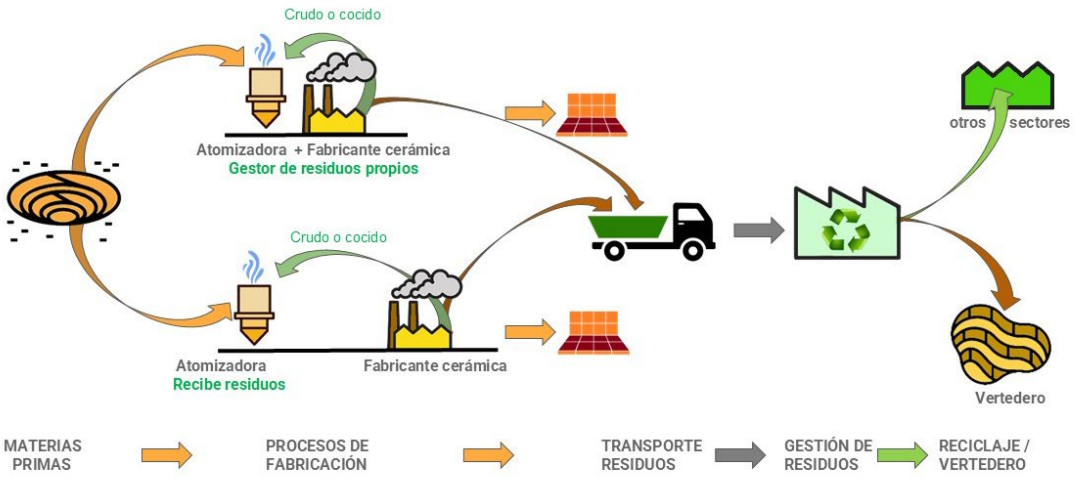


Figura 3. Esquema de la redistribución de los principales residuos procedentes de las empresas cerámicas. Elaboración propia.

Los **gestores de residuos** son aquellas empresas que se encargan de la recogida y gestión de los residuos producidos por las empresas cerámicas. En el registro de productores y gestores de residuos (GVA, 2025) constan 998 empresas en la provincia de Castellón autorizadas para el almacenamiento, tratamiento, eliminación y transporte de residuos no peligrosos, de las cuales sólo unas 50 empresas cuentan con autorización para la gestión de los códigos LER 101201, 101208, 101213, 080202 y 080203 (Tabla 4).

Dado que algunas de estas empresas realizan la gestión de residuos como una actividad accesoria, en la Tabla 5 se han agrupado las empresas autorizadas para la gestión de estos residuos en función de su actividad principal.

Tabla 5. Tipologías empresas autorizadas gestión de residuos cerámicos en la provincia de Castellón. Elaborado a partir de (GVA, 2005).

Tipología de empresas	LER 080202	LER 080203	LER 101201	LER 101208	LER 101213	Total
Empresas Gestión de residuos	4	2	7	8	2	9
Fabricantes de cerámica	13	13	11	5	4	15
Atomizadoras de arcilla	9	9	9	5	4	9
Fabricantes de esmaltes	1	1	1		1	1
Constructoras y fabricantes de materiales	1	1	3	5	1	5
Fabricantes de cemento			1	1		1
Empresas fuera del sector	2	2	3	7	3	10
Total empresas	**30**	**28**	**35**	**31**	**15**	**50**

Dada la complejidad del clúster de empresas cerámicas y gestoras de residuos, en las que algunas de ellas gestionan sus propios residuos, mientras que otras los derivan a empresas intermediarias o gestoras de residuos, resulta muy compleja la interpretación de estos resultados. Sin embargo, como se puede apreciar en la Tabla 5 sólo existen **9 empresas cuya misión principal es la gestión de residuos y tienen la autorización para la gestión de los residuos con los códigos LER indicados**. El resto de las empresas tienen la autorización para poder introducir sus propios residuos, o residuos de otras empresas, en sus procesos de producción de cerámica u otros materiales.

3.5 Listado y cantidades anuales de los residuos gestionados

Tras realizar una consulta a las 9 empresas gestoras con autorización en los códigos de la Tabla 5 sobre el volumen anual de residuos gestionados procedentes de empresas cerámicas, se han obtenido los resultados de la Tabla 6.

Tabla 6. Recopilación de las tipológicas y cantidades de residuos gestionadas por las empresas consultadas.

Código LER	Cantidad (t)	Descripción
101111	480	Residuos de pequeñas partículas de vidrio y de polvo de vidrio que contienen metales pesados.
101201	1.322	Residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción.
101203	51.121	Partículas y polvo.
101208	224.102	Residuos de cerámica, ladrillos, tejas y materiales de construcción [después de cocción].
101208r	13.614	Rodillos alúmina
101211	511	Residuos del vidriado que contienen metales pesados.
101213	7.407	Lodos del tratamiento in situ de efluentes.
161106	1.080	Revestimientos y refractarios procedentes de procesos no metalúrgicos, distintos de 161105.
Total	**299.637**	**Toneladas año de residuos gestionados.**

El conjunto de residuos con códigos LER 101111; 101203; 101211; 101213 y 161106, que presentan una mayor dificultad para su revalorización, suponen un volumen de 60.598 toneladas año.

A modo de aproximación se pueden comparar los residuos del testillo cerámico cocido (101208), de 224.102 toneladas, con los resultados obtenidos del ACV sectorial (ASCER, 2023), en el que se deducen unas 122.219 toneladas (Tabla 3). De otro modo, según (Quereda, 2024) se deduce que el volumen de residuos sólidos no revalorizados puede ser de 62.277 toneladas, que se aproxima a las 60.598 toneladas obtenidas.

Por ello, y aun con el riesgo de que en la recopilación de información pudieran existir duplicidades o residuos cerámicos cocidos procedentes de otros sectores, el volumen de residuos sólidos procedentes de la fabricación de baldosas cerámicas es realmente considerable, y previsiblemente entorno de las 299.000 toneladas / año, tal como se puede ver en la Tabla 6.

3.6 Gestión y tratamiento de los residuos procedentes de la fabricación de baldosas cerámicas

A partir de las consultas realizadas a las empresas gestoras de residuos y a algunas empresas fabricantes de cerámica, se ha obtenido información sobre los distintos procesos de revalorización o depósito en vertedero que se están realizando para cada tipología de residuo.

Residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción (LER 101201)

Este grupo comprende baldosas defectuosas o deterioradas antes del proceso de cocción. No se puede estimar el volumen real de generación de estos residuos, sin embargo, no suponen un problema, ya que normalmente se reintroducen en el proceso de preparación de arcillas en los procesos de atomizado. Una de las limitaciones conocidas es el color de las partículas cuando se pretende obtener cerámica de pasta blanca.

Residuos de pequeñas partículas de vidrio y de polvo de vidrio

En este grupo se incluyen los residuos de pequeñas partículas de vidrio y de polvo de vidrio que contienen metales pesados [por ejemplo, de tubos catódicos] LER 101111 y los residuos del vidriado que contienen metales pesados LER 101211.

Las empresas consultadas recogen aproximadamente entre 480 y 511 toneladas anuales de cada uno de estos residuos, procedentes de la fabricación de esmaltes cerámicos. Presentan la problemática de la contaminación con metales pesados, lo que impide su reutilización para la fabricación de nuevos productos de vidrio, como se hace habitualmente con los residuos de vidrio con código LER 101112.

Partículas y polvo (LER 101203)

Estos residuos proceden fundamentalmente de los procesos de limpieza, aspiración ambiental para la reducción del polvo en suspensión y procesos de rectificado en seco de las baldosas cerámicas.

Las empresas consultadas recogen aproximadamente 50.000 toneladas al año, siendo su principal destino el depósito en vertederos, con la problemática adicional del reducido tamaño de partículas.

Residuos de cerámica, ladrillos, tejas y materiales de construcción, después del proceso de cocción (LER 101208)

Las empresas consultadas recogen aproximadamente 224.000 toneladas al año en forma de baldosas fracturadas. Se pueden distinguir diferentes tipologías de residuos en función de la cerámica original, con diferentes absorciones de agua (gres y cerámica porosa) y diferente color (pasta roja y pasta blanca). Habitualmente las empresas gestoras las trituran para la fabricación de áridos con diferentes usos, tales como rellenos y hormigones no estructurales. En algunos casos estos productos se reintroducen en los procesos de elaboración de las pastas cerámicas, con bajos porcentajes de sustitución de la materia prima natural.

Rodillos de alúmina (LER 101208r)

Este residuo corresponde a los rodillos de alúmina utilizados en los hornos de cocción de cerámica, con aproximadamente 13.600 toneladas al año. Como consecuencia de la pureza de este residuo, las empresas gestoras envían estos residuos a otras empresas en las que se revalorizan como materia prima.

Lodos del tratamiento in situ de efluentes (LER 101213)

Este residuo resulta de los procesos de decantación de las aguas residuales utilizadas para la limpieza y refrigeración de las máquinas de pulido y rectificado. Sólo una de las empresas consultadas recoge del orden de 7.400 toneladas al año. Dado que se trata de una mezcla de partículas de distintas composiciones, habitualmente su destino es el depósito a un vertedero.

Revestimientos y refractarios procedentes de procesos no metalúrgicos, distintos de los especificados en el código 161105 (LER 161106)

Al igual que los tubos de alúmina, en este caso se trata de residuos resultantes del mantenimiento y actualización de los hornos de cocción cerámica, lo que supone un volumen de 1.080 toneladas al año.

4. PROPUESTAS PARA SU POSIBLE REUTILIZACIÓN

Las posibilidades de uso de los residuos cerámicos han sido ampliamente estudiadas y difundidas en publicaciones científicas recientes, mostrando un potencial significativo para su valorización en diversos sectores industriales, especialmente en la construcción y la ingeniería civil. Así, las principales aplicaciones de estos residuos son:

- Utilización de áridos reciclados para la fabricación de hormigón: existen estudios que muestran las posibilidades de utilización de diferentes residuos cerámicos (101208) como áridos para la fabricación de hormigones convencionales o incluso con propiedades especiales (Albero et al, 2024; Roig et al, 2023; Pitarch et al, 2013), o áridos en mezclas asfálticas (Solarte, 2022).
- Sustitución parcial del cemento Portland: diversos estudios demuestran que los residuos cerámicos (101208 y 101203) molturados a tamaño polvo, pueden sustituir hasta un 25% del cemento Portland en la fabricación de morteros y hormigones, actuando como materiales puzolánicos. (Pitarch et al, 2021; Saavedra, 2019).
- Mejora y estabilización de suelos: más allá de su uso como áridos para rellenos, los residuos cerámicos, junto con los de vidrio, pueden emplearse para mejorar suelos en obra civil, ofreciendo resultados comparables a los obtenidos con materiales tradicionales como el cemento o la cal. Esta técnica reduce el impacto ambiental, el consumo de materias primas y las emisiones asociadas, y mejora las propiedades mecánicas de suelos de baja calidad (Teza et al, 2024).
- Fabricación de materiales compuestos y aislantes: los residuos cerámicos se han utilizado como refuerzo en compuestos de PVC, sustituyendo al carbonato cálcico y mejorando las propiedades de los materiales finales. Esta aplicación promueve la economía circular y reduce la cantidad de residuos depositados en vertederos. Además, se emplean en la fabricación de aislantes eléctricos y térmicos, materiales abrasivos y barreras geológicas para contención de residuos peligrosos. (Planelles, 2024; Árias & Rojas, 2023).
- Obtención de geopolímeros y nuevos materiales sostenibles: los residuos cerámicos, se han empleado en la producción de cementos activados alcalinamente (geopolímeros), con buenas propiedades mecánicas y menor huella de carbono. Estos materiales requieren temperaturas de

procesamiento más bajas que las cerámicas tradicionales y ofrecen una alternativa sostenible para la industria de la construcción (Carrillo-Beltrán et al, 2021; LIFE HYPOBRICK ITC, 2020).

- Según (Árias & Rojas, 2023) también se explora la utilización de residuos cerámicos para la recuperación de arrecifes de coral, la elaboración de estructuras mediante fabricación aditiva y la extracción de alúmina, aunque su uso más rentable sigue siendo en morteros y hormigón.

5. CONCLUSIONES

En el clúster cerámico de la provincia de Castellón interactúan numerosos agentes: suministradores de materias primas, elaboradores de la arcilla (atomizadoras), fabricantes de esmaltes y de baldosas cerámicas, así como gestores de residuos. Esta compleja red dificulta una evaluación precisa del volumen total de residuos generados por el sector. No obstante, considerando el elevado volumen de producción y las ratios asociadas de generación de residuos, se estima que aproximadamente un 10% de las materias primas empleadas en el proceso de fabricación cerámica acaba convirtiéndose en residuo, lo que representa cerca de **890.000 toneladas anuales**.

El sector presenta un elevado nivel de compromiso con la valorización de estos residuos, alcanzando tasas de recuperación cercanas al 93% de los residuos generados (Quereda, 20024). Sin embargo, los datos obtenidos en el presente estudio indican que las empresas que se dedican exclusivamente a gestión de residuos en la provincia de Castellón gestionan anualmente unas **299.000 toneladas** de residuos sólidos no peligrosos, de los cuales aproximadamente 60.000 toneladas tienen dificultades para su revalorización.

La literatura científica respalda ampliamente la viabilidad y sostenibilidad de la valorización de residuos cerámicos. Su reutilización permite reducir el consumo de materias primas, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover modelos productivos más sostenibles. Actualmente, estos residuos se emplean principalmente como materiales de relleno y estabilización de suelos, áridos reciclados para hormigones, sustituto parcial del cemento, o en materiales compuestos con menor impacto ambiental.

La utilización de residuos cerámicos como alternativa a materias primas naturales contribuye de forma efectiva a la reducción del consumo energético y de las emisiones de CO_2, impulsando así el desarrollo de una **economía baja en carbono**. No obstante, pese a que algunas tipologías de residuos cerámicos presentan distintas opciones de valorización, otras presentan limitaciones que dificultan su aprovechamiento. Además, muchas de las soluciones desarrolladas solo han sido validadas a escala de laboratorio, sin llegar todavía a una implantación efectiva a escala industrial. Todo ello resalta la necesidad de **reforzar la investigación aplicada y transferencia tecnológica**, con el fin de avanzar hacia una economía circular tanto en el sector cerámico como en el de la construcción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Generalitat Valenciana por el apoyo financiero otorgado a través del proyecto CIGE/2023/96.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AENOR (2019). Declaración Ambiental de Producto Baldosas cerámicas. Gres porcelánico AZTECA PRODUCTS & SERVICES, S.L.U. https://www.aenor.com/Producto_DAP_pdf/GlobalEPD_002_005_r1_ESP.pdf (Consultada 10/3/2025)

Albero, V., Reig, L., Hernández-Figueirido, D., Roig-Flores, M., Melchor-Eixea, A., Piquer, A., & Pitarch, A. M. (2024). Fire and postfire compressive strength of recycled aggregate concrete made with ceramic stoneware. Journal of Building Engineering, 89, 109363. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109363

Alvaro, M. (2025). Producto cerámico, economía circular y diseño estratégico. Asociación Española de Técnicos Cerámicos. https://atece.org/producto-ceramico-economia-circular-diseno-estrategico/ (Consultada 10/3/2025)

Árias Ocampo, M. A., y Rojas González, A. F. (2023). Alternativas de reutilización y valorización de residuos cerámicos: una revisión. Revista EIA, 20(40), 4018 pp. 1–19. https://doi.org/10.24050/reia.v20i40.1680

ASCER (2023), Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos. Informe ASCER Sector español de fabricación de baldosas cerámicas. https://portal.ascer.es/wp-content/uploads/2024/05/Informe-energia-ASCER-2023.pdf (Consultada 30/6/2025)

ASCER (2025), Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos. https://portal.ascer.es/ (Consultada 30/6/2025)

Baraldi, Luca. (2023). World production and consumption of ceramic tiles Ceramic World Review, Year34, Nº 158 https://www.ceramicworldweb.com/index.php/en/economics-and-markets/world-production-and-consumption-ceramic-tiles-2023 (Consultada 10/03/20245)

Carrillo-Beltrán, R.; Corpas-Iglesias, F. A.; Terrones-Saeta, J. M.; Bertoya-Sol, M. (2021). New geopolymers from industrial by-products: Olive biomass fly ash and chamotte as raw materials. Construction and Building Materials, Elsevier. Volume 272, 22 February 2021, 121924. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121924

Decisión 2000/532/CE. Catálogo Europeo de Residuos CER, aprobado por la Decisión 2000/532/CE, de la Comisión, de 3 de mayo, modificada por las Decisiones de la Comisión, Decisión 2001-118, de 16 de enero, Decisión 2001-119, de 22 de enero, y por la Decisión del Consejo Decisión 573-2001, de 23 de julio. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02000D0532-20231206 (Consultado 10/3/2025)

Decisión 2014/955/UE. Decisión de la Comisión, de 18 de diciembre de 2014, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo Texto pertinente a efectos del EEE https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:32014D0955 (Consultado 10/3/2025)

GVA (2025), Buscador de productores y gestores de residuos Generalitat Valenciana, Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio. Generalitat Valenciana. https://residuos.gva.es/RES_BUSCAWEB/buscador_residuos_avanzado.aspx (Consultada 10/3/2025)

ITC (2020). Proyecto Life Hypobrick. Instituto de tecnología Cerámica. https://www.itc.uji.es/portfolio/life-hypobrick/ (Consultado 15/4/2025)

ITC (2023). Análisis de Ciclo de Vida de recubrimientos cerámicos - ASCER Anexo 1 del Informe del ITC (Instituto de Tecnología Cerámica) C234993. Versión preliminar previa a la verificación Castellón, 23 de noviembre de 2023. https://transparencia.ascer.es/media/1123/anexo-01-informe-acv-sectorial.pdf (Consultado 15/4/2025)

Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. (BOE núm. 85, de 09 de abril de 2022). https://www.boe.es/eli/es/l/2022/04/08/7/con

Ley 5/2022, de 29 de noviembre, de residuos y suelos contaminados para el fomento de la economía circular en la Comunitat Valenciana. (BOE núm. 34, de 9 de febrero de 2023). https://www.boe.es/eli/es-vc/l/2022/11/29/5

Pitarch, A. M.; Reig, L.; Tomás, A. E.; López, F. J. (2019). Effect of tiles, bricks and ceramic sanitary-ware recycled aggregates on structural concrete properties. Waste and Biomass Valorization, 2019, vol. 10, núm. 6, p. 1779-1793 https://doi.org/10.1007/s12649-017-0154-0

Pitarch Roig, A. M.; Reig, L.; Tomás, A.E.; Forcada, G.; Soriano, L.; Borrachero, Mª V.; Payá, J.; Monzo Balbuena, J. M. (2021). Pozzolanic activity of tiles, bricks and ceramic sanitary-ware in eco-friendly Portland blended cements. Journal of Cleaner Production, vol. 279, p. 123713. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123713

Planelles Aragó, J.; Lázaro Magdalena, V.; Pérez Argilés M.; Pérez Quiles, V.; Poveda Rodríguez, J. (2024). Valorización de residuos cerámicos en el sector de la construcción: un caso de simbiosis industrial. Congresos Nacional del Medio Ambiente CONAMA 2024. https://www.fundacionconama.org/wp-content/uploads/conama/comunicaciones/7787/Comunicacion-tecnica-CONAMA_JPlanelles_ITC.pdf

Price Waterhouse Coopers (2024). El sector de los azulejos y pavimentos cerámicos en 2023: impacto socioeconómico y relevancia para la provincia de Castellón. Castellón. https://portal.ascer.es/wp-content/uploads/2024/12/Impacto_sector_azulejero_ASCER.pdf (Consultada 10/03/2025)

Quereda Vázquez, P. (2024), Economía Circular en el Sector de Baldosas Cerámicas, Instituto de Tecnologías Cerámica 2. https://portal.ascer.es/wp-content/uploads/2024/12/2_Presentacion-EC_Sector-baldosas-Ceramicas.pdf (Consultado 15/4/2025)

Roig-Flores, M.; Reig, L.; Albero, V.; Hernández-Figueirido, D.; Melchor-Eixea, A.; Pitarch, Á.M.; Piquer, A. (2023). Utilisation of Ceramic Stoneware Tile Waste as Recycled Aggregate in Concrete. Buildings 2023, 13, 1968. https://doi.org/10.3390/buildings13081968

Saavedra Borelli, M.M. (2019) Valorización de Residuos Cerámicos Nacionales. Estudio Preliminar de su Capacidad Puzolánica. Instituto de la Construcción. Tesis Doctoral Facultad De Arquitectura, Diseño y Urbanismo Montevideo, Uruguay. https://www.fadu.edu.uy/investigacion/files/2017/10/TESIS-DE-MAESTRIA_SAAVEDRA_junio.pdf

Solarte Vanegas, NC.; García García, A.; Pérez Ruíz, DD.; Serrano Guzmán, MF.; Alonso Troyano, C. (2022). Ceramic waste in semi-dense asphalt mixtures: alternatives for low-traffic roads in Colombia. Lámpsakos. (26):52-68. https://doi.org/10.21501/21454086.4114

Teza, A. J.; Micó, M. Cremades, E.; Ferre, A.; Ibanco, F. J. (2024) Proyecto Mejora y estabilización de suelos con nuevos materiales cementantes revalorizado residuos. Universidad de Alicante. Agencia Valenciana de Cooperación 2023 – 2025. https://www.residuosprofesional.com/residuos-ceramicos-suelos-construccion/ (Consultado 15/6/2025)

METODOLOGÍA INTEGRADA HBIM-FEM PARA EL DESARROLLO DE GEMELOS DIGITALES DE OBRAS DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

INTEGRATED HBIM-FEM METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF DIGITAL TWINS OF ARCHITECTURAL HERITAGE ASSETS

Jesús Tejero Romero [(1)], Enrique García-Macías [(2)], M. Lourdes Gutiérrez-Carrillo [(3)]

[1] E.T.S. Ingeniería de Edificación, Granada, España, jesustejero03@correo.ugr.es
[2] Dpto. de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, E.T.S. Ingeniería de Edificación, Granada, enriquegm@ugr.es
[3] Dpto. de Construcciones Arquitectónicas, E.T.S. Ingeniería de Edificación, Granada, mlgutier@ugr.es

RESUMEN

Esta comunicación presenta los resultados preliminares del desarrollo y aplicación de una metodología científica multidisciplinar para la creación de gemelos digitales de estructuras históricas de ingeniería civil.

El objetivo principal es integrar levantamientos geométricos detallados, ensayos experimentales y análisis estructurales mediante modelización por elementos finitos (FEM) dentro de un modelo de información del edificio histórico (HBIM), ofreciendo un gemelo digital completo que sirva de apoyo en tareas de conservación del patrimonio. En primer lugar, se obtiene una representación geométrica precisa del bien mediante vuelos con dron y técnicas de fotogrametría. La nube de puntos resultante se procesa para la reconstrucción de superficies, generando una representación volumétrica del bien. Esta representación, construida en un entorno BIM, se malla posteriormente mediante elementos finitos, dotando al gemelo digital no solo de una representación geométrica virtual del bien, sino también de una herramienta para evaluar su vulnerabilidad estructural. Por último, se incorporan también datos experimentales obtenidos a partir de una campaña de ensayos de vibración ambiental, lo que permite calibrar el modelo numérico y reducir las incertidumbres asociadas a sus parámetros. Toda esta información, junto con datos históricos y documentales, se integra en el modelo HBIM, proporcionando una herramienta basada en la física y guiada por datos para los gestores del patrimonio construido.

La metodología propuesta se ilustra mediante un caso de estudio real: el Puente de Pinos Puente, en Granada, España. Se presta especial atención a los desafíos asociados a la integración de los distintos programas informáticos necesarios para la generación del gemelo digital. Para hacer frente a estos retos, el artículo presenta herramientas personalizadas desarrolladas en Python que facilitan la integración de diversas plataformas comerciales, como Revit y ABAQUS

Palabras clave: *BIM-to-FEM; Conservación del Patrimonio; Fotogrametría; HBIM; Modelado por Elementos Finitos.*

ABSTRACT

This paper presents the preliminary results of the development and application of a multidisciplinary scientific methodology for creating digital twins of historical civil engineering structures.

The main objective is to integrate detailed geometric surveys, experimental testing, and structural analysis by finite element modelling (FEM) within an integrated historical building information model (HBIM), offering a comprehensive digital twin to support heritage conservation tasks. Firstly, an accurate geometrical representation of the asset is obtained by drone surveys and photogrammetry. The resulting point cloud is processed for surface reconstruction, yielding a volumetric representation of the asset. This representation, built within a BIM environment, is then meshed using finite elements, providing the digital twin not only with

a virtual geometric representation but also with a tool to evaluate the structural vulnerability of the asset. Finally, experimental data obtained from an ambient vibration testing campaign are also incorporated, enabling the calibration of the numerical model and reducing the uncertainties associated with its parameters. All this information, along with historical and documentary records, is integrated with a HBIM model, providing a physics-based and data-driven tool for infrastructure managers.

The proposed methodology is illustrated through a real case study, the Pinos Puente Bridge in Granada, Spain. Particular emphasis is placed on the challenges associated with integrating the various software programs required for generating the digital twin. To address these challenges, the paper reports on custom-made Python-based tools developed to facilitate the integration of multiple commercial software platforms, such as Revit and ABAQUS.

Keywords: *BIM-to-FEM; Heritage Conservation; Photogrammetry; HBIM; Finite Element Modelling.*

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la metodología Scan-to-BIM-to-FEM ha emergido como una herramienta clave en los campos de la ingeniería, la construcción y la conservación del patrimonio, siendo objeto de numerosas investigaciones. Este enfoque integra técnicas de escaneado (fotogrametría, escáner láser terrestre –TLS– y vehículos aéreos no tripulados –UAVs–) para generar nubes de puntos 3D que permiten construir modelos de información BIM (por sus siglas en inglés, *Building Information Modeling*) y modelos estructurales. A diferencia de una simple representación 3D, los modelos BIM integran datos sobre geometría, materiales y estructura, siendo clave para la inspección y gestión de infraestructuras. Sin embargo, para habilitar su aplicación a la conservación estructural, resulta esencial vincular dicho modelo BIM con modelos de cálculo estructural, tales como modelos de elementos finitos (FEM), permitiendo así simular el comportamiento estructural de las construcciones y evaluar su vulnerabilidad. En este punto, aún se presentan considerables desafíos, como una limitada interoperabilidad entre plataformas BIM y motores de cálculo estructural. Por ello, a día de hoy, aún no existen metodologías Scan-to-BIM-to-FEM ampliamente consensuadas.

Diversos autores han propuesto soluciones a estas limitaciones. Por ejemplo, Fang *et al.* (2025) desarrollaron un flujo de trabajo que automatiza la reconstrucción digital a partir de nubes de puntos de baja calidad, mejorando la interoperabilidad con herramientas de análisis mediante *scripts* en Python. Huang *et al.* (2024) desarrollaron una metodología BIM-FEM para la simulación de excavación de túneles con escudo, automatizando tareas como la asignación de propiedades de materiales, la simulación del proceso constructivo y la generación de mallas FEM de alta calidad. En el ámbito del patrimonio construido, la investigación ha evolucionado desde enfoques Scan-to-HBIM (Galanakis *et al*, 2023) hasta enfoques más holísticos de Scan-to-HBIM-to-FEM (Liu & Li, 2024). En este sentido, cabe destacar el trabajo de Barazzetti *et al*. (2015), quienes integraron en un modelo HBIM del Castillo Masegra, en la ciudad de Sondrio (Italia), información acerca de su geometría mediante escáner láser, resultados de inspecciones destructivas y no destructivas, así como un modelo FEM generado de manera semi-automática. Bouzas *et al.* (2022) desarrollaron una metodología HBIM para la generación automática de modelos mecánicos de puentes históricos en celosía a partir de nubes de puntos extraídas mediante escáner láser, demostrando su eficiencia en un caso práctico del puente de acero roblonado de O Barqueiro, ubicado en Galicia (España). También es destacable el trabajo de Pirchio *et al.* (2021), quienes integraron en un modelo HBIM un modelo geométrico detallado mediante fotogrametría con dron y modelado FEM para el análisis de la vulnerabilidad sísmica de la Iglesia Santa María La Mayor en la localidad de Alatri, Lazio (Italia).

Pese a estos avances, aún no existe una metodología Scan-to-BIM-to-FEM ampliamente aceptada. En concreto, aún existe un vacío en la literatura relativo a la implementación de modelos FEM para la identificación supervisada de daños en sistemas de vigilancia de la salud estructural (por sus siglas en inglés, SHM). Las técnicas SHM basadas en vibraciones y Análisis Modal Operacional (OMA) son las más ampliamente empleadas en edificaciones del patrimonio, ya que permiten obtener propiedades modales (frecuencias naturales, tasas de amortiguamiento y formas modales) a partir de vibraciones inducidas por acciones ambientales sin necesidad de aplicar cargas artificiales (Ferrara *et al*, 2024). En este sentido, existen multitud de estudios demostrando la eficacia de estas técnicas para analizar la vulnerabilidad estructural del patrimonio. Por ejemplo, García-Macías *et al.* (2022) desarrollaron un gemelo digital estructural de la Torre de las Gallinas en la Alhambra, el cual se calibraba de forma continua mediante análisis *OMA*, lo que permitía una evaluación permanente de la aparición de patologías estructurales. De forma similar, Requena-García-

Cruz *et al.* (2023) realizaron un ensayo OMA en el sector de Abd al Rahman I de la Mezquita de Córdoba, con el objetivo de calibrar un modelo FEM, empleado finalmente para evaluar su comportamiento sísmico. Leonardi *et al*. (2024) avanzaron en la automatización de modelos FEM desde formatos IFC, mejorando la interoperabilidad BIM-FEM. A pesar de estos progresos, la integración de técnicas SHM en entornos BIM o HBIM sigue en fase incipiente. En esta línea, Santini *et al.* (2023) integraron datos de monitorización dinámica en modelos HBIM calibrados mediante análisis de sensibilidad y la técnica de actualización de modelos. Li y co-autores (2022) desarrollaron una solución para puentes que combina BIM, bases de datos SQL Server y programación en C#, junto con un método de detección de daños basado en distribuciones de Wigner-Ville. Meoni *et al.* (2024) demostraron el potencial de los modelos BIM como repositorio y herramienta de procesamiento de datos de inspecciones y SHM en puentes de vigas cajón de hormigón postensado. De manera similar, Gragnaniello *et al.* (2024) propusieron un enfoque metodológico basado en estándares IDS, vinculado a un mapa de procesos colaborativo para la gestión integral de un sistema SHM basado en vibraciones instalado en el viaducto Canalone, un puente de arco de hormigón localizado en Nápoles (Italia).

En base a la revisión del Estado del Arte anterior, se puede afirmar que la metodología Scan-to-BIM-to-FEM representa una línea de investigación activa con aplicaciones prometedoras tanto en infraestructura moderna como en conservación patrimonial. De ahí que esta comunicación aborde una metodología integral que combina fotogrametría de alta resolución, modelado HBIM, OMA, modelado FEM y calibración inversa para evaluar el estado de salud de estructuras históricas. El flujo de trabajo se articula mediante scripts informáticos desarrollados en Python que automatizan la comunicación entre plataformas BIM y FEM. La eficacia de esta propuesta se demuestra mediante su aplicación al caso del Puente de Pinos Puente, en Granada, una estructura compleja y de gran valor histórico.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar y validar una metodología multidisciplinar para la creación de gemelos digitales de estructuras históricas, que integren de forma robusta la información geométrica, documental, experimental y de simulación numérica. Como objetivos específicos destacan:

- Desarrollar un flujo de trabajo eficiente para la adquisición de datos, combinando técnicas de fotogrametría mediante vehículos aéreos no tripulados (drones) y procesamiento Structure from Motion (SfM) para generar una nube de puntos densa y precisa del activo patrimonial.
- Establecer un protocolo para el modelado HBIM (Scan-to-BIM) que permita traducir la nube de puntos en un modelo de información paramétrico y semánticamente rico, que sirva como base de datos centralizada del gemelo digital.
- Integrar datos experimentales de comportamiento estructural mediante la realización de campañas de ensayos de vibración ambiental para identificar las características dinámicas reales de la estructura, reduciendo así la incertidumbre en la modelización.
- Crear un modelo de elementos finitos (FEM) calibrado a partir del modelo HBIM y ajustado con los datos experimentales, capaz de simular de forma fiable el comportamiento estructural del bien.
- Resolver el reto de la interoperabilidad BIM-FEM mediante el desarrollo de herramientas de software personalizadas (scripts en Python) que automaticen la transferencia de geometría y datos entre plataformas como Revit y ABAQUS, garantizando la consistencia y eficiencia del proceso.

3. METODOLOGÍA

La metodología propuesta se estructura en un flujo de trabajo secuencial e iterativo ilustrado en la Figura 1. Ésta abarca desde la captura de datos en campo hasta la creación de un gemelo digital integrado y calibrado. Dicha metodología se ha desarrollado en paralelo a su aplicación a un caso de estudio real, el Puente de Pinos Puente (Granada), demostrando su aplicabilidad y potencial para la gestión y conservación del patrimonio construido. Las fases principales de la metodología propuesta se describen a continuación:

1. Levantamiento fotogramétrico del bien a partir de imágenes aéreas tomadas con dron, que permite generar un modelo geométrico 3D que representa con fidelidad la geometría del caso de estudio.
2. Análisis estratigráfico murario del bien a partir de ortofotografías extraídas del modelo 3D.
3. Caracterización dinámica del Puente mediante una prueba ambiental de vibración.
4. Desarrollo y calibración del modelo FEM calibrado del Puente de Pinos Puente mediante un algoritmo de optimización global en base a los datos experimentales obtenidos de la prueba ambiental de vibración.

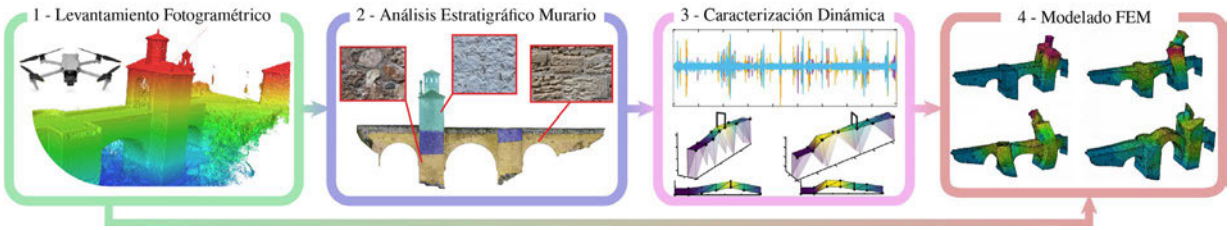


Figura 1. Flujo de trabajo de la metodología propuesta

4. RESULTADOS

4.1 Caracterización patrimonial del puente de Pinos Puente

Pinos Puente, localidad granadina situada a 16 km de la capital, ha sido históricamente un enclave estratégico en la Vega de Granada, destacando como punto clave de comunicaciones militares y comerciales. En época califal, Binus (Pinos) fue una alquería relevante en la ruta Córdoba-Granada (Carvajal López, 2007). Su primera mención la realiza Ibn al-Sayrafi en el siglo XII al narrar la expedición de Alfonso I en 1125-1126 (Dozy, 1881). En 1319, el puente fue escenario del "Desastre de la Vega" donde murieron los infantes don Pedro y don Juan (Peinado Santaella, 1998). En 1341, funcionó como aduana y también se cita en la batalla de la Higueruela en 1431 durante la cual fue destruida una torre defensiva de pequeñas dimensiones (De Lucena Paredes, 1956). A finales del siglo XV, según De la Rada y Delgado (1882), Cristóbal Colón fue alcanzado por un emisario de los Reyes Católicos en este mismo lugar, informándole sobre la financiación de su expedición. Autores del XVI y XVII como Navagiero, Mármol Carvajal y Henríquez de Jorquera lo mencionan por su comercio (Henriquez de Jorquera, 1987).

El puente, aún en uso, presenta tres arcos de herradura desiguales, con el central como el más amplio, sobre el río Cubillas. Está construido con mampostería en aparejo a soga y tizón, con acabado superficial que imita sillería. Se asienta directamente sobre la roca y los arcos descansan en tajamares cilíndricos a contracorriente y planos al otro lado. Originalmente contaba con una torre defensiva, anteriormente citada, que fue reemplazada por una capilla dedicada a Nuestra Señora de las Angustias.

El debate sobre su origen oscila entre una posible fundación romana (Rodríguez Rueda, 2009) y una construcción emiral o califal. Gómez Moreno (1951) lo relaciona con el emirato por la similitud de los sillares con los muros de la ampliación de Abderramán II, mientras que Torres Balbás (1957) ofrece una de las descripciones formales y constructivas más rigurosas. A la par, defiende una datación califal basándose en paralelismos con la mezquita de Córdoba. Sin embargo, Vílchez (1999) introduce una discrepancia relevante en las dimensiones de los sillares situando la construcción en época de Abd al-Rahman II, contradiciendo parcialmente a Torres Balbás. En el año 1922 fue declarado como monumento arquitectónico-histórico y considerado como Bien de Interés Cultural por aplicación de la Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español.

4.2 Adquisición de Datos y Reconstrucción Geométrica 3D

El primer paso consiste en obtener una representación geométrica digital de alta fidelidad. Para ello, se emplea la técnica de fotogrametría digital, utilizando un vehículo aéreo no tripulado UAV (por sus siglas en inglés, Unmanned Aerial Vehicle) equipado con una cámara de alta resolución. Fueron realizados tres vuelos con UAV, operado manualmente y volando alrededor del puente a una distancia de la estructura de 1.5 m. El UAV empleado fue un DJI Air 3 Fly More Combo equipado con una cámara 4K integrada (sensor óptico de 25.4×1.3 mm [1/1.3"] y 8064×6048 pixeles de resolución) y un Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS). Se capturaron un total de 1.737 imágenes, con una frecuencia aproximada de dos segundos por imagen y con un alto grado de solapamiento.

Las imágenes se procesaron con el software *Agisoft Metashape Pro*, que implementa algoritmos de Structure from Motion (SfM). Este proceso incluye la alineación de imágenes con identificación de puntos clave homólogos, la generación de la nube de puntos densa y la creación de la malla y texturizado donde los puntos se conectan para formar una malla poligonal 3D creando un modelo fotorrealista. La nube de puntos obtenida alcanzó los 39 millones de puntos (Figura 2(a)). Con la ayuda del mismo software, fueron eliminados los puntos que corresponden a la vegetación o a datos anormales y se establece una distancia entre cada par de puntos de 1 cm (downsampling) para disminuir la densidad de la nube alcanzando los 2 millones de puntos,

pudiendo obtenerse un modelo geométrico del puente eficiente y operativo. El resultado final de esta fase es una nube de puntos georreferenciada y a escala (Figura 2(b)), que constituye la base geométrica para las fases posteriores.

El modelo 3D generado permite conocer con precisión las características geométricas y formales del puente y obtener información de los materiales, técnicas constructivas y su estado de conservación. El estudio de la estructura desprende que el puente excede de 46 m de longitud, siendo el arco central el mayor de los tres, con unos 10 m de diámetro, mientras que los arcos laterales miden 6.5 y 7.4 m, respectivamente. La estructura está construida con bloques de arenisca de aproximadamente 1.00 x 0.50 x 0.34 m, conectados con juntas de aproximadamente seis centímetros de espesor (Gutiérrez-Carrillo et al, 2025).



Figura 2. Nube de puntos inicial (a) y final tras proceso de limpieza y downsampling (b)

Asimismo, se realizó un análisis estratigráfico murario apoyado en ortofotografías extraídas del modelo 3D. A partir del estudio de materiales, tipo de aparejo, aglutinantes, marcas de herramientas y grado de elaboración, se identificaron tres fases constructivas principales (Figura 3). La primera, con sillares de arenisca dispuestos a soga y tizón, se atribuye al período andalusí temprano (siglos IX-X). La segunda, en la parte superior de los tajamares, presenta mampostería tosca con lascas de piedra sin hiladas regulares, posiblemente de los siglos XIV-XVI. La tercera corresponde a la construcción de la capilla en el siglo XVIII. Estas características estructurales y geométricas han de ser contrastadas por un estudio mediante georradar 3D y perfiles sueltos 2D a la par que las cronologías propuestas deben confirmarse con estudios petrográficos y datación de muestras que están en curso.

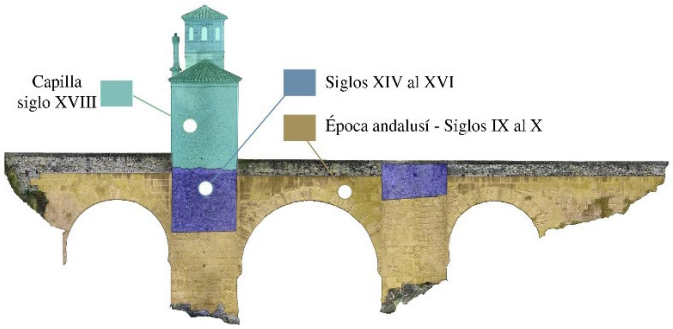


Figura 3. Estratigrafía paramental y fases cronológicas del puente

4.3 Test ambiental de vibración

Para caracterizar estructuralmente el puente de Pinos Puente, se realizó un ensayo ambiental de vibración, compuesto por cuatro adquisiciones asíncronas de 15 minutos, cubriendo toda la longitud del tablero con una frecuencia de muestreo de 500 Hz. En cada configuración se usaron seis acelerómetros piezoeléctricos de alta sensibilidad (modelo PCB 393B05), conectados por cables coaxiales a un sistema de adquisición NI cDAQ-9178 con dos módulos NI-9230 y un ordenador portátil situado en la capilla. Dos sensores se mantuvieron fijos en el tramo central como referencia, mientras los otros cuatro se desplazaban en cada adquisición para registrar vibraciones verticales y transversales (excepto el sensor S43, que midió la aceleración longitudinal). Los sensores se identifican como Sij, donde i es el setup y j el número del sensor (Figura 4(a)). Durante el ensayo, la temperatura fue de 17.1 ºC, la humedad relativa del 86.9%, y se registraron suaves rachas de viento (0.9 m/s), por lo que el tráfico vehicular fue la principal fuente de excitación. Los registros de aceleración se procesaron con el software MOVA/MOSS (García-Macías y Ubertini, 2020),

siguiendo esta secuencia: (i) eliminación de tendencias lineales; (ii) supresión de picos con ventanas Hanning invertidas de 10 s para valores superiores a 0.06 m/s²; (iii) filtrado Butterworth (1–190 Hz); y (iv) decimación a 400 Hz. Las señales resultantes para el primer setup y las funciones de densidad espectral de potencia (PSD, de sus siglas en inglés, Power Spectral Density functions) se muestran en las Figuras 4(b) y (c).

Estos datos sirvieron para identificar propiedades modales (frecuencias de resonancia, amortiguamiento y formas modales) mediante OMA, utilizando el algoritmo de identificación automatizada de subespacios estocásticos impulsados por covarianza CoV-SSI implementado en MOVA. Se emplearon órdenes de modelo entre 2 y 220 (pasos de 2), y un desfase temporal de 1.28 s para estimar covarianzas. Para eliminar polos espurios, se aplicaron criterios estrictos: colinealidad modal mínima (MPC) del 80%, desviación de fase máxima del 50% y amortiguamiento máximo del 10%. En la extracción de diagramas de estabilización se establecieron tolerancias del 1% en frecuencia y 3% en amortiguamiento, junto con un umbral del Criterio de Aseguramiento Modal (MAC) de 0.01. Finalmente, se utilizó un algoritmo de agrupamiento jerárquico para identificar polos físicos, con una distancia límite de 0.03 (combinando frecuencia y MAC) y un tamaño mínimo de clúster de 20. Este mismo procedimiento se aplicó a los cuatro setups, y los modos obtenidos se combinaron mediante ajuste de mínimos cuadrados. Aunque se identificaron varios modos de vibración, solo los cuatro primeros fueron claramente reconocibles como se muestra en la Figura 5: (i) flexión lateral de primer orden con máximos en la pila de la capilla (6.05 Hz); (ii) flexión lateral de primer orden en la otra pila central (10.82 Hz); (iii) flexión lateral antisimétrica (12.96 Hz); y (iv) flexión vertical de primer orden del vano central (22.84 Hz).

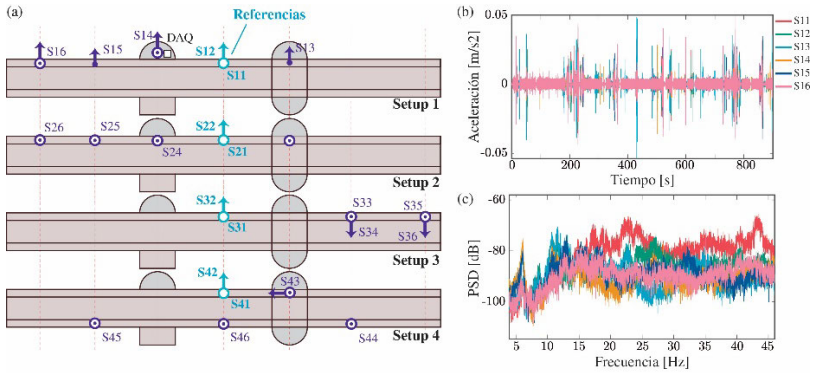


Figura 4. Disposición de sensores (a), registro de aceleraciones en el primer setup (b), y función de densidad espectral correspondiente (c).

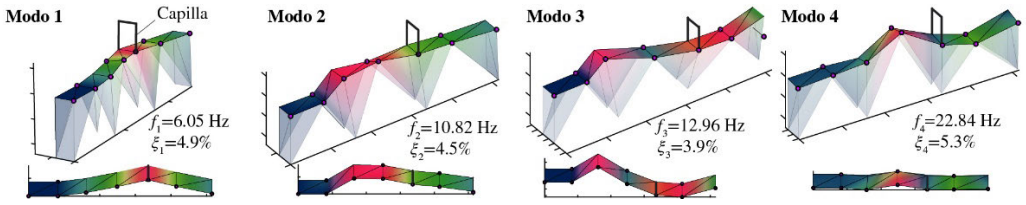


Figura 5. Cuatro primeros modos naturales de vibración del Puente de Pinos Puente.

4.4 Modelo de Elementos Finitos y Análisis Modal

Con los datos experimentales, se generó un modelo estructural FEM para simular el comportamiento del puente. La nube de puntos 3D, obtenida con *Agisoft Metashape Pro*, se exportó en formato *.obj* e importó en Autodesk Fusion 360 para reconstruir la superficie y crear un volumen sólido. Este modelo, en formato. sat, se incorporó en *Abaqus/CAE*, donde se generó una malla de 170,688 elementos tetraédricos C3D10, obteniéndose así el modelo FEM de la estructura (Figura 6). De manera preliminar, toda la estructura se ha modeló con un único material similar a mampostería de piedra, con Módulo de Young de 2 GPa, coeficiente de Poisson de 0.3 y densidad de 2,400 kg/m³. Como condiciones de contorno, se obviaron efectos de interacción terreno-estructura, considerando condiciones de apoyo rígido (grados de liberta traslacionales restringidos) en toda la superficie en contacto con el terreno (Figura 7(a)).

Para comparar las predicciones del modelo FEM con los datos experimentales recogidos en el AVT, se identificaron las posiciones de los sensores en el modelo FEM (Figura 7(b)) y se realizó un análisis modal lineal del mismo. La Figura 8 muestra que el modelo FEM reproduce las formas modales experimentales, aunque

con frecuencias de resonancia notablemente menores. Esta diferencia se debe al uso de un único material, destacando la importancia de caracterizar adecuadamente los materiales y calibrar el modelo. Estos resultados justifican la ulterior calibración del modelo descrito en el siguiente apartado.

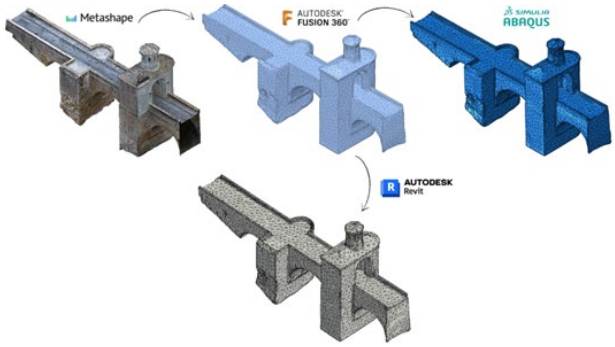


Figura 6. Generación de un FEM estructural del Puente de Pinos Puente a partir de la nube de puntos generada mediante UAV y su incorporación en entorno BIM.

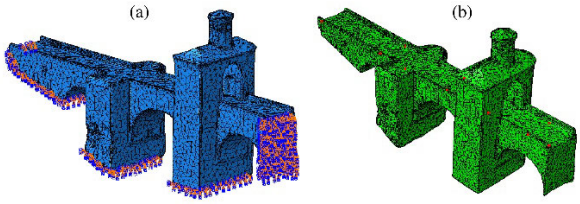


Figura 7. Condiciones de contorno del modelo estructural (a) y definición de la posición de los sensores del AVT (b) en *Abaqus/CAE a* partir de la nube de puntos generada mediante UAV y su incorporación en entorno BIM.

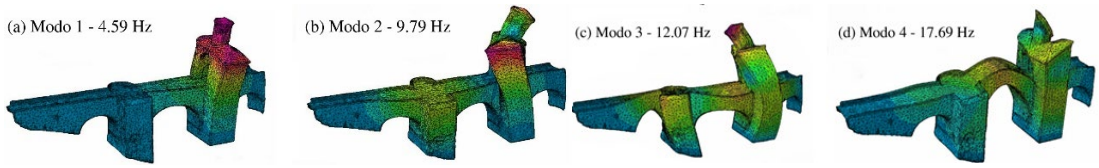


Figura 8. Resultados del análisis modal preliminar del Puente de Pinos Puente.

4.5 Calibración del modelo

Para calibrar el modelo con los datos experimentales, se utilizó la técnica FEMUP mediante el algoritmo de optimización global de enjambre de partículas (PSO, de sus siglas en inglés, Particle Swarm Optimization), con 30 partículas y 50 iteraciones. Este algoritmo, implementado en un código Python, permite actualizar el módulo de elasticidad y la densidad del material del modelo FEM (representado por el vector de variables $\boldsymbol{x}$), inicialmente estimados en 2 GPa y 2,400 kg/m³. Para ello, se define una función objetivo $J(\boldsymbol{x})$ que tiene en cuenta las diferencias entre las propiedades modales experimentales y las obtenidas experimentalmente. En concreto, se emplea la siguiente función de coste:

$$J(x) = \sum_{i=1}^{l} [\alpha \varepsilon_i(\boldsymbol{x}) + \beta \delta_i(\boldsymbol{x})]. \tag{1}$$

donde $\varepsilon_i(\boldsymbol{x})$ representa el error relativo en la estimación de las frecuencias de resonancia y $\delta_i(\boldsymbol{x})$ el error en las formas modales:

$$\varepsilon_i(\boldsymbol{x}) = \frac{\left|f_i^{exp} - f_i^{num}\right|}{f_i^{exp}}, \qquad \delta_i(\boldsymbol{x}) = 1 - MAC_i\big(\delta_i(\boldsymbol{x})\big). \tag{2}$$

Los términos α y β representan coeficientes de peso entre los dos términos de error, definidos en este estudio como $\alpha = 1.0$ y $\beta = 10.0$. Finalmente, los términos f_i^{exp} y f_i^{num} representan las i-ésimas frecuencias experimentales y numéricas, y el operador MAC en la Ecuación (2) denota el criterio de garantía modal (de sus siglas en inglés, Modal Assurance Criterion). Esta última métrica permite comparar los modos

experimentales y numéricos, arrojando un valor igual a 1 si los modos son iguales (paralelos) y cero si no presentan similitud (ortogonales). El proceso se repite hasta alcanzar el número máximo de iteraciones o lograr la convergencia. La mejor solución es aquella que minimiza la función objetivo, reproduciendo con mayor precisión la respuesta dinámica del puente.

Los resultados de la calibración del modelo, mostrados en la Tabla 1, arrojan un módulo elástico de 2.64 GPa y una densidad de 1,674 kg/m³. El módulo es notablemente superior al valor nominal de la mampostería, lo cual es razonable considerando que la piedra pudo haberse rigidizado con el tiempo. La baja densidad obtenida podría explicarse por la exclusión del material de relleno, posiblemente más ligero, y del hueco en la capilla, lo que habría llevado a reducir la densidad para ajustar las frecuencias experimentales. Se observa en la Tabla 1 que, tras la calibración, las frecuencias numéricas se aproximan más a las experimentales, reduciendo el error máximo en la predicción de las frecuencias de 22.55% a 6.65%. Nótese que estos resultados aún son preliminares, y a día de hoy se continúa trabajando en la caracterización petrográfica y mecánica de los materiales del puente para enriquecer el modelo FEM y obtener una representación más precisa del comportamiento dinámico del puente.

Tabla 1. Resultados obtenidos del FEMUP del Puente de Pinos Puente antes y después de la calibración del modelo. El término ε denota el error relativo entre las frecuencias experimentales y predichas por el modelo FEM.

Modo	f^{exp} [Hz]	Antes calibración		Después calibración	
		f^{num} [Hz]	ε [%]	f^{num} [Hz]	ε [%]
1	6.05	4.59	-24.13	6.32	4.46
2	10.82	9.79	-9.52	11.54	6.65
3	12.96	12.07	-6.87	13.46	3.86
4	22.84	17.69	-22.55	23.00	0.70

5. CONCLUSIONES

Este trabajo ha permitido comprobar que es posible desarrollar una metodología integral que combine herramientas digitales y técnicas experimentales para estudiar y conservar estructuras históricas con un alto grado de precisión. La aplicación al caso del Puente de Pinos Puente ha servido como validación práctica de un enfoque innovador que integra levantamientos geométricos con drones, modelado HBIM y simulación estructural mediante elementos finitos.

Uno de los logros más destacados ha sido la obtención de una representación tridimensional detallada del puente gracias al uso de UAV y técnicas de fotogrametría. Este modelo no solo ha permitido documentar fielmente la geometría y el estado de conservación del bien, sino también identificar, a través del análisis estratigráfico, diferentes fases constructivas que confirman su evolución histórica. Por otro lado, la incorporación de datos experimentales procedentes de ensayos de vibración ambiental ha sido fundamental para caracterizar el comportamiento dinámico del puente. Estos datos permitieron calibrar el modelo numérico con gran precisión, ajustando sus propiedades estructurales reales. Gracias al uso de un algoritmo de optimización global heurístico, se consiguió afinar parámetros clave como el módulo de elasticidad o la densidad del material, reduciendo las diferencias entre los resultados teóricos y los experimentales.

A pesar de los avances, el estudio también ha puesto de manifiesto algunos desafíos, como la elevada carga computacional o las dificultades para modelar con exactitud la heterogeneidad de los materiales históricos. Aun así, los resultados obtenidos confirman el enorme potencial de esta metodología para apoyar la conservación preventiva del patrimonio arquitectónico. En definitiva, se abre una vía prometedora para la gestión y diagnóstico estructural de bienes patrimoniales mediante gemelos digitales integrados y calibrados, capaces de combinar lo mejor del conocimiento técnico, histórico y computacional.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte de la Cátedra UGR “El Puente de Pinos Puente”, financiada por Verbund Green Power Iberia, con la colaboración estratégica del Ayuntamiento de Pinos Puente y la Delegación Territorial de Cultura de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barazzetti, L., Banfi, F., Brumana, R., Gusmeroli, G., Revitali, M., Schiantarelli, G. (2015). Cloud-to-BIM-to-FEM: Structural simulation with accurate historic BIM from laser scans. Simulation modelling practice and theory, 57:71–87. https://doi.org/10.1016/j.simpat.2015.06.004

Bouzas, O., Cabaleiro, M., Conde, B., Cruz, Y., Riveiro, B. (2022). Structural health control of historical steel structures using HBIM. Automation in Construction, 140: 104308. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104308

Carvajal López, J. C. (2007). El poblamiento altomedieval en la Vega de Granada a través de su cerámica. Granada: Universidad de Granada. http://hdl.handle.net/10481/1428

De la Rada y Delgado, J. D (1892-1893). El Puente de Pinos Puente (Granada). Centenario: Revista, tomo III, pp. 386-388.

De Lucena Paredes, L. S. (1956). Las campañas de Castilla contra Granada en el año 1431. Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos, (4), 79-120.

Dozy, R.P.A. (1965). Recherches sur l'histoire et la littérature de l'Espagne pendant le Moyen. Oriental Press.

Fang, Y., Mitoulis,S.A., Boddice, D., Yu, J., Ninic, J. (2025). Scan-to-BIM-to-Sim: Automated reconstruction of digital and simulation models from point clouds with applications on bridges. Results in Engineering https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104289

Ferrara,M., Bertagnoli, G., Giordano, L. (2024). Model Updating of different Bridge types using ambient vibration and OMA identification. Procedia Structural Integrity, 62:773–780. https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.09.105

García-Macías, E., Hernández-González, I. A., Puertas, E., Gallego, R., Castro-Triguero, R., Ubertini, F. (2024). Meta-model assisted continuous vibration-based damage identification of a historical rammed earth tower in the Alhambra complex. International Journal of Architectural Heritage, 18.3: 427-453. https://doi.org/10.1080/15583058.2022.2155883

García-Macías, E., Ubertini, F. (2020). MOVA/MOSS: Two integrated software solutions for comprehensive Structural Health Monitoring of structures. Mechanical Systems and Signal Processing, 143 https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.106830

Galanakis, D., Maravelakis,E., Pocobelli, D., Vidakis,N., Petousis, M., Konstantaras, A. Tsakoumaki, M. (2023). SVD-based point cloud 3D stone by stone segmentation for cultural heritage structural analysis–The case of the Apollo Temple at Delphi. Journal of Cultural Heritage, 61:177–187. https://doi.org/10.1016/j.culher.2023.04.005

Gragnaniello, C., Mariniello, G., Pastore, T., Asprone, D. (2024). BIM based design and setup of structural health monitoring systems. Automation in Construction, 158. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105245

Gutiérrez-Carrillo, M.L., García-Macías, E., Gutiérrez Andrades, J.M., García-Contreras, G. (2025). Multidisciplinary Characterization Methodology for Engineering Structures: The Case of the Pinos Puente Bridge. Actas del congreso AID Monuments. Perugia, Italia (en prensa).

Hao Huang, Bin Ruan, Xianguo Wu, Yawei Qin (2024). Parameterized modeling and safety simulation of shield tunnel based on BIM-FEM automation framework. Automation in Construction, 162, 105362. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105362

Henríquez de Jorquera, F. (1987). Anales de Granada. Descripción del Reino y ciudad de Granada, crónica de la Reconquista (1482-1492), sucesos de los años 1588 a 1646. Edición preparada según el Manuscrito.

Leonarda, M.L., Granja, J., Oliveira, D., Azenha, M. (2024). Scalable BIM based open workflow for structural analysis of masonry building aggregates. Computers & Structures, 297:107321. https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2024.107321

Liu, J., Li, B. (2024). Heritage Building Information Modelling (HBIM): A Review of Published Case Studies. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 48:387–393. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00220-6_5

Li, X., Xiao, Y., Guo, H., Zhang, J. (2022). A BIM based approach for structural health monitoring of bridges. KSCE Journal of Civil Engineering, 26(1):155 165. https://doi.org/10.1007/s12205-021-2040-3

Meoni, A., Castellani,M., Mariani, F., Ceccobelli, M., Venanzi, I., Ubertini, F. (2024). A BIM-based approach for risk assessment and management in roadway bridges: preliminary results from the application to a post-tensioned concrete box girder bridge. Procedia Structural Integrity, 62:73–80. https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.09.018

Peinado Santaella, R.(ed.) (1998). De Ilurco a Pinos Puente: poblamiento, economía y sociedad de un pueblo de la Vega de Granada. Diputación Provincial de Granada.

Pirchio, D., Q Walsh, K., Kerr, E., Giongo, I., Giaretton, M., Weldon, B., Ciocci, L., Sorrentino, L. (2021). Integrated framework to structurally model unreinforced masonry Italian medieval churches from photogrammetry to finite lement model analysis through heritage building information modeling. Engin Structures, 241: 112439. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112439

Requena-García-Cruz, MV., Romero-Sánchez, E., Morales-Esteban A. (2023). Dynamic performance of the Mosque-Cathedral of Córdoba under different earthquake scenarios: The Abd al-Rahman I sector. Journal of Building Engineering, 79:107853. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107853

Santini, S., Sabbatini, S., Sebastiani, C., Baggio, C. (2023). Integrated Modeling of Minerva Medica to Identify the Dynamic Effects of Rail-Traffic Vibrations. Buildings. 13(5):1308 https://doi.org/10.3390/buildings13051308

Torres Balbás, L. (1957). Arte hispanomusulmán. Hasta la caída del califato de Córdoba. En: "España musulmana: hasta la caída del Califato de Córdoba (711-1031 d. J.C.)". Historia de España (5). Espasa-Calpe, Madrid, pp. 331-788.

SOLUCIONES INNOVADORAS DE GEOPOLÍMEROS PARA LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

INNOVATIVE GEOPOLYMER SOLUTIONSFOR THE CONSERVATION OF CULTURAL HERITAGE

Alessia Verniero[(1)], Barbara Liguori[(2)], Domenico Caputo[(2)], Ilaria Capasso[(3)], Mercedes del Río Merino[(4)]

[1] Departamento de Ciencias de las Antigüedades, Universidad de Roma La Sapienza, Roma 00185, Italia, alessia.verniero@uniroma1.it
[2] Dep. de Ingeniería Química, Materiales y Producción Industrial, Universidad de Nápoles Federico II, Napoli 80125, Italia
[3] Dep. de Ingeniería y Geología, Universidad de Chieti-Pescara Gabriele d'Annunzio, Pescara 65122, Italia
[4] Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, España

RESUMEN

En las últimas décadas, la aplicación indiscriminada de materiales incompatibles en la restauración de estucos históricos ha provocado daños considerables al patrimonio cultural, comprometiendo la integridad de los sustratos originales y contraviniendo los principios fundamentales de la conservación. En respuesta a estos desafíos, el proyecto PhD tiene como objetivo desarrollar morteros innovadores basados en geopolímeros, materiales con base alumino-silicatada, diseñados específicamente para garantizar la compatibilidad fisicoquímica con los sustratos pétreos históricos.

Esta investigación forma parte de una red internacional entre los grupos de investigación ACLabs (Universidad de Nápoles Federico II) y TEMA (Universidad Politécnica de Madrid), en asociación con la Superintendencia de Nápoles para vincular la innovación en laboratorio con la aplicación práctica, probando los materiales desarrollados en sitios reales para apoyar su adopción futura en prácticas de restauración operativas. El enfoque metodológico adoptado es multidisciplinario, integrando profesionales de los campos de la ingeniería de materiales y de la construcción, arquitectura y ciencia de la restauración.

Las actividades experimentales incluyeron la caracterización fisicoquímica de materiales originales del Centro Histórico UNESCO de Nápoles y la formulación de nuevos morteros geopoliméricos obtenidos a partir de materias primas naturales (metacaolín) y materiales de desecho de excavación (tufo y ladrillo). Las pruebas de laboratorio incluyeron la absorción de agua, porosidad abierta, absorción capilar, resistencia mecánica, con especial atención a la compatibilidad entre los materiales desarrollados y los sustratos históricos. Los resultados preliminares confirman el potencial de los morteros geopoliméricos como una alternativa sostenible y eficaz para la restauración, ofreciendo un rendimiento comparable al de los materiales tradicionales y la ventaja de un impacto ambiental significativamente reducido.

La investigación pretende contribuir a la innovación en el campo de la conservación del patrimonio cultural, promoviendo una transición hacia materiales y tecnologías más sostenibles, respetuosos con el patrimonio y orientados hacia la gestión circular de los recursos.

Palabras clave: *conservación del patrimonio cultural, geopolímeros, materiales de aluminosilicato, materiales circulares*

ABSTRACT

Over the past decades, the indiscriminate application of incompatible materials in the restoration of historic plasters has resulted in considerable damage to cultural heritage, compromising the integrity of original substrates and contravening the foundational principles of conservation, such as compatibility and

reversibility. In response to these challenges, the PhD research project aims to develop innovative geopolymer-based binders, materials with an alumina-silicate base, specifically designed to ensure chemical-physical compatibility with historic stone substrates, while markedly reducing environmental impact compared to conventional restoration materials.

This research is part of an international network that involves close collaboration between the research groups ACLabs (DICMaPI-University of Naples Federico II) and TEMA (Polytechnic University of Madrid), in partnership with the Superintendence of Archaeology, Fine Arts and Landscape for the Municipality of Naples. The objective is to bridge laboratory innovation and practical application, testing the developed materials on real sites to support their future adoption in operational restoration practices. The methodological approach adopted is multidisciplinary, integrating professionals from the fields of materials engineering, building engineering, architecture, and restoration science. The experimental activities involved the chemical-physical characterization of historical construction materials from the UNESCO-listed Historic Centre of Naples, as well as the formulation of new geopolymer binders obtained from natural raw materials (metakaolin) and excavation waste materials (tuff and cocciopesto).

Laboratory tests include water absorption, open porosity, capillary absorption, mechanical strength, with particular attention to the compatibility between the developed materials and the historic substrates. Preliminary results confirm the potential of geopolymer binders as a sustainable and effective alternative for restoration, offering comparable performance to traditional materials and the advantage of a significantly reduced environmental impact.

The project aims to contribute to innovation in the field of cultural heritage conservation, promoting a transition towards more sustainable materials and technologies, respectful of heritage and oriented towards circular resource management.

Keywords: *Cultural Heritage conservation, geopolymers, alumino-silicate materials, circular materials*

1. INTRODUCTION

In recent years, the construction sector has drawn growing attention from both the scientific community and regulatory institutions, as it is recognized as one of the primary contributors to global environmental impact. This sector is among the leading sources of greenhouse gas emissions, the depletion of natural resources, and the generation of solid waste.

Recent data indicate that primary resource extraction reached approximately 70 billion tonnes in 2020, with a substantial share allocated to the building industry (Schandl et al., 2024). Furthermore, a study published in Nature Scientific Data highlights that as early as 2010, the construction sector was already responsible for nearly 50% of global material extraction, with a consumption of about 40 billion tonnes projected to double by 2050 (Fishman et al., 2024). The extracted resources —such as sand, gravel, clay, and limestone— are being increasingly exploited, causing significant ecological damage, including soil erosion, land degradation, and biodiversity loss. In parallel, waste management represents a major challenge. In Europe, construction and demolition (C&D) waste accounts for more than 30% of the total solid waste generated, corresponding to around 850 million tonnes annually (European Commission, 2012). Although a portion of these materials is theoretically recyclable, practical reuse is hindered by contamination, compositional heterogeneity, and the lack of established recovery streams.

In response to these challenges, a dual pressure has emerged: on the one hand, regulatory pressure expressed through initiatives such as the European Green Deal and the Renovation Wave strategy, which aim to reduce emissions from the building stock by 55% by 2030 (European Commission, 2020); on the other hand, social and cultural pressure driven by growing environmental awareness, with a growing public demand for low-impact buildings made from recycled, local, and non-hazardous materials. In this context, public procurement systems have also evolved: many countries, including Italy, have introduced mandatory Minimum Environmental Criteria (CAM), requiring the use of low-carbon materials and the recovery of inert waste.

Within this framework, the adoption of alternative binders such as geopolymers —formulated from industrial by-products, chemically activated sediments, or natural pozzolanic materials— represents not only a technologically advanced solution but also a tangible response to the goals of ecological transition. Recent studies have shown that these materials can provide high mechanical performance, chemical

resistance, and compatibility with conservation requirements, while simultaneously reducing the overall environmental impact of the construction cycle (Duxson et al., 2007) (Fernández-Jiménez et al., 2005) (Rovnaník, 2010).

The integration of scientific innovation and environmental sustainability now constitutes one of the most urgent and strategic challenges for the future of architectural design and conservation, as exemplified by these novel formulations. In particular, the use of geopolymers in the field of cultural heritage conservation has become an area of growing interest, particularly due to their ability to meet essential criteria such as mechanical and physical compatibility with original substrates, reversibility, and long-term durability. The possibility of tailoring the rheological, mechanical, and chromatic properties of geopolymers through the use of inert fillers, natural pigments, or local aggregates makes them particularly well-suited for architectural restoration applications, where visual and material compatibility is a fundamental requirement (Geraldes et al., 2016). Numerous pilot projects and experimental studies have already demonstrated the effectiveness of these solutions for the production of innovative mortars and plasters, suitable for both preventive conservation and structural restoration of historic buildings and monuments (Liguori et al., 2017); (Capasso, D'Angelo, Verniero, et al., 2023); (Capasso, D'Angelo, Fumo, et al., 2023).

Considering this evidence, geopolymers are increasingly regarded as one of the most promising technologies for reconciling Cultural Heritage protection with environmental sustainability, fostering an intervention model that respects the historical and territorial specificities of built heritage.

2. OBJECTIVES

Taking into account the current environmental, regulatory, and conservation-related challenges affecting both the construction sector and the field of Cultural Heritage preservation, the present research project aims to develop innovative geopolymer-based mortars suitable for the restoration of historic surfaces, with particular focus on the UNESCO World Heritage Site of the historic center of Naples.

The primary objective is to design materials that are behaviorally compatible with historical substrates and aligned with the principles of environmental sustainability promoted by recent European strategies, such as the Green Deal and the Renovation Wave. To this end, the research explores the potential of geopolymers formulated from natural precursors (metakaolin) and locally sourced recycled aggregates (two distinct types of volcanic tuff and brick waste), with the goal of reducing environmental impact.

In parallel, the project seeks to bridge the gap between laboratory-scale experimental formulations and practical on-site applications, through validation in real-world contexts in collaboration with the Naples Heritage Authority.

This approach is part of a broader strategy for innovation in the conservation of architectural heritage, aimed at introducing high-performance, eco-compatible materials that meet key requirements of durability, compatibility, and reversibility.

3. METHODOLOGY

The adopted methodology is based on an interdisciplinary approach that integrates expertise from the fields of materials engineering, architecture, and conservation science. In the initial phase of the research, novel geopolymeric mortars were formulated using metakaolin as the alkali-activated precursor, combined with natural aggregates and waste materials. This choice aligns with recent studies focused on the valorization of locally sourced materials to reduce CO_2 emissions and improve environmental compatibility (Liguori et al., 2017).

The resulting samples were subjected to water absorption and open porosity tests to assess their performance with respect to established standards for restoration mortars (Fernandez-Jimenez et al., 2007), and to mechanical characterization, including compressive strength, flexural strength, and Shore-D surface hardness.

The experimental activities were carried out as part of an international research collaboration, involving the ACLabs group (University of Naples Federico II) and the TEMA group (Polytechnic University of Madrid), promoting methodological exchange and the harmonization of testing protocols in accordance with European best practices in heritage conservation.

3.1 Raw materials and preparation of the geocomposites

This section provides detailed information on the raw materials used, including geopolymer precursors, alkaline activating solutions, and the preparation procedures adopted for the formulation of the geocomposites.

To formulate the geopolymeric mortars, various raw materials were examined, including both locally available geological resources and recycled waste products, with the aim of evaluating their potential effectiveness as natural substitutes for conventional aggregates. Specifically, the following types of aggregates were used:

- Chabazite-rich tuff (CH);
- Clinoptilolite-rich tuff (CL);
- Crushed brick waste (*Cocciopesto*, CP).

Both tuffs were mechanically crushed and subsequently sieved to obtain a particle size fraction of less than 0.5 mm, suitable for mortar applications.

As a reference geopolymeric mortar, a formulation labelled Geo_MK + SAND was produced using natural silica sand commonly used in construction (VG14, VAGA S.r.L, Costa De' Nobili, PV) as fine aggregate.

The metakaolin (MK) used as the reactive geopolymeric precursor was supplied by Neuvendis (Al_2O_3 41.90 wt%; SiO_2 52.90 wt%; K_2O 0.77 wt%; Fe_2O_3 1.60 wt%; TiO_2 1.80 wt%; MgO 0.19 wt%; CaO 0.17 wt%).

The alkaline activating solution was prepared by dissolving NaOH pellets (Titolchimica S.p.A., Villamarzana, RO) in a sodium silicate (SS) solution (Na_2O 8,15%, SiO_2 27,40%) supplied by Prochin Italia S.r.L. (Caserta, Italy).

These aggregates were subsequently incorporated into metakaolin-based geopolymeric matrices, aiming to optimize both chemical compatibility and physical and chemical performance.

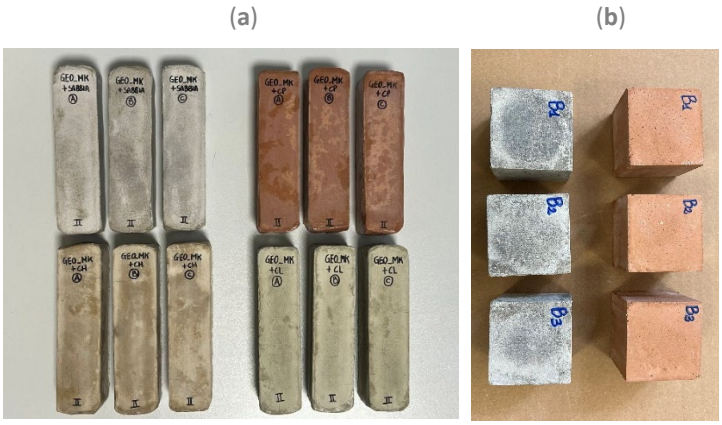


Figure 1. (a) Prismatic samples produced based on natural siliceous sand (SABBIA), crushed brick waste (CP), chabazite-rich tuff (CH), and clinoptilolite-rich tuff (CL).
(b) Cubic samples produced based on natural siliceous sand and crushed brick waste.

The production of geopolymeric mortars (Geo_MK+SABBIA, Geo_MK+CP, Geo_MK+CH, Geo_MK+CL) involved the addition of the alkaline solution to the dry metakaolin powder (MK), and the resulting paste was mechanically mixed for about two minutes. While maintaining continuous mixing, the aggregates were gradually introduced. To improve the workability of the homogeneous paste, an additional amount of water was added, reaching a total mixing time of about eight minutes. The mortars were formulated with a binder-to-aggregate ratio of 1 and a water-to-solid (w/s) ratio of 0.42.

Fresh mortars were cast into polyethylene moulds and cured under controlled conditions for 14 days at a constant temperature of 25 °C and 90% relative humidity, with sealed containers to prevent the loss of moisture. Specimens of different geometries were produced in accordance with the standards relevant to the experimental tests to be conducted: prismatic (40×40×160 mm³) (Fig. 1a) and cubic (50×50×50 mm³) (Fig. 1b). Upon completion of the curing period, all samples were demoulded and stored at room temperature until characterization (Verniero et al., 2024).

3.2 Testing methods

3.2.1 *Physical characterization of the Geopolymeric Mortars*

Water absorption under vacuum and open porosity of the geocomposites were determined in accordance with the UNI 11060: 2003 (UNI 11060:2003, 2003) standard.

The specimens were first oven-dried at 60 °C until reaching a constant mass (M_1, in grams). Subsequently, each sample was immersed in water at room temperature within a vacuum chamber, where the pressure was lowered to approximately 20 mmHg and maintained constant for two hours. At the end of this phase, the pressure was gradually returned to atmospheric conditions. The samples were then weighed under water to determine their hydrostatic mass (M_2, in grams), and subsequently surface-dried with a damp cloth before being weighed again in saturated condition (M_3, in grams). Each test was performed in triplicate, and the reported results represent the average values obtained.

Water absorption (WA, %) and open porosity (OP, %) were calculated as follows:

$$WA = \frac{M_3 - M_1}{M_1} * 100 \qquad (1)$$

$$OP = \frac{M_3 - M_1}{M_3 - M_2} * 100 \qquad (2)$$

Capillarity tests were also conducted in accordance with the European standard UNI EN 15801 (UNI EN 15801:2010, 2010), with the aim of evaluating the amount of water absorbed (Q) per unit surface area as a function of time.

Considering that, over short time intervals, the relationship between absorbed water and the square root of time exhibits a linear trend, the capillary absorption coefficient (CA) was determined as the slope of the best-fit line interpolating the data collected during the first 30 minutes of testing.

3.2.2 *Mechanical characterization of the Geopolymeric Mortars*

Flexural strength (Fig. 2a) was determined in accordance with UNI EN 196-1:2016 (UNI EN 196-1:2016, 2016), using prismatic specimens with dimensions of 40×40×160 mm³. The tests were conducted using an Ibertest testing machine, applying a load at a constant rate.

Each specimen was supported on two steel rollers, with lengths between 45 and 50 mm and a diameter of 10 mm ± 5 mm, spaced 100 mm ± 0.5 mm apart. A third roller, positioned at the midpoint of the span, applied the load vertically. The flexural strength ($f, \mathrm{N/mm^2}$) was calculated using the following equation:

$$f = \frac{1{,}5 * Fl}{b * d^2} \qquad (3)$$

where: *F* is the maximum load applied at failure (N); *l* is the span between the supports (mm); *b* and *d* are the width and depth of the specimen (mm).



Figure 2. Flexural (**a**) and Compressive (**b**) strength test.

Compressive strength (Fig. 2b) was determined using an Ibertest testing machine, by applying a progressively increasing load without acceleration to two opposite faces of the prismatic specimens until failure occurred. The samples used for this test correspond to the two broken halves obtained after the flexural strength test, in accordance with UNI EN 196-1:2016. These halves were positioned between two steel plates with dimensions of 40 mm in length × 40 ± 1 mm in width and 10 mm in thickness. The compressive strength ($\sigma, \mathrm{N/mm^2}$) was calculated using the following equation:

$$\sigma = \frac{P}{S} \qquad (4)$$

where P is the maximum load applied at failure (N) and S is the cross-sectional area of the specimen (mm^2).

4. RESULTS

4.1 Physical characterization of the Geopolymeric Mortars

The effects of incorporating tuff and crushed brick waste as aggregate in the formulation of metakaolin-based geopolymer mortars were investigated, with a particular focus on key physical properties relevant to conservation applications. The experimental results obtained from triplicate tests are reported in Table 1. The geopolymer samples exhibited comparable values of open porosity and capillary water absorption, indicating consistent formulation performance and suggesting homogeneous physical behavior across the different mortars analyzed.

Furthermore, to evaluate the actual suitability of the developed formulations for applications in the field of Cultural Heritage conservation, these results were compared with data available in the literature for traditional materials commonly employed in architectural restoration (Table 2).

Table 1. Main physical properties of the Geocomposites. Partial data already reported in (Verniero et al., 2024)

Sample	Open Porosity [%]	Water Absorption [%]	CA [mg/cm^2 s$^{-1/2}$]	Q_{max} [mg/cm^2]
MK+SA	40.29 ± 0.96	26.71 ± 1.07	40.10 ± 0.50	1704.439
MK+CP	40.87 ± 0.25	28.24 ± 0.10	29.17 ± 1.63	1804.045
MK+CH	43.53 ± 0.51	34.46 ± 0.49	32.06 ± 2.35	1916.40
MK+CL	42.39 ± 0.18	32.61 ± 0.27	24.80 ± 1.40	1709.88

Table 2. Physical properties of some mortars widely used for restoration purposes.

Sample	Open Porosity [%]	CA [mg/cm ^{2} s$^{-1/2}$]	Q_{max} [mg/cm^2]	Reference
OPC mortar (CEMII B/L 32.5)	18.80	3.40	2030	(Silva et al., 2015)
Natural Bioclastic Limestone	24-30	31.32	n.d.	(Maravelaki-Kalaitzaki et al., 2005)
Repair mortar NHL-Z 3.5 with crushed bricks and silica sand	26.23 *	24.16 *	n.d.	(Maravelaki-Kalaitzaki et al., 2005)
Hydraulic lime mortar NHL 5	23.50	9.40	3970	(Garijo et al., 2020); (Silva et al., 2015)

* Evaluated after 12 months. n. d.: not determined.

The geocomposites demonstrated capillary absorption and open porosity values consistent with those reported for historical construction materials and traditional plasters (Maravelaki-Kalaitzaki et al., 2005); (Garijo et al., 2020); (Silva et al., 2015).

Preliminary findings highlight the potential applicability of these innovative materials as a sustainable and functional alternative to conventional products typically employed in the conservation of Cultural Heritage assets.

4.2 Mechanical characterization of the Geopolymeric Mortars

The average values of flexural and compressive strength for each geocomposite formulation are presented in Table 3.

Among the materials tested, the GEO_MK+CP formulation —based on metakaolin and crushed brick waste (*cocciopesto*)— showed the best mechanical performance compared to formulations incorporating natural tuff (GEO_MK+CH and GEO_MK+CL).

In the context of geopolymeric materials, mechanical performance is not solely determined by the intrinsic strength of the binder matrix. Rather, it results from the synergistic interaction of three key components: the alkali-activated binder, the physical and mechanical characteristics of the aggregate, and the quality of the interface that develops between these phases during the polycondensation and curing processes (Capasso et al., 2019).

Table 3. Flexural and Compressive strengths of the Geocomposites.

Mortar type	Flexural Strength [MPa]	Compressive Strength [MPa]	Surface Hardness
MK+SA	1.8 ± 0.2	8.9 ± 0.7	67.8 ± 2.5
MK+CP	3.6 ± 0.8	14.5 ± 4.0	80.9 ± 3.6
MK+CH	1.2 ± 0.0	4.7 ± 1.2	73.2 ± 3.7
MK+CL	1.4 ± 0.1	5.9 ± 2.9	73.8 ± 3.8

In this specific case, the experimental data suggest that the tuff powders used as aggregates in GEO_MK+CH and GEO_MK+CL generated a less effective interfacial transition zone compared to that developed by the brick waste (*cocciopesto*) aggregate in the GEO_MK+CP formulation.

The results obtained from Shore-D surface hardness tests (Fig. 3), reported in Table 2, further support the mechanical behaviour trends described above. As expected, all GEO_MK+CP specimens exhibited higher hardness values than those containing tuff aggregates, corroborating the superior mechanical integrity of the CP-based geocomposite.

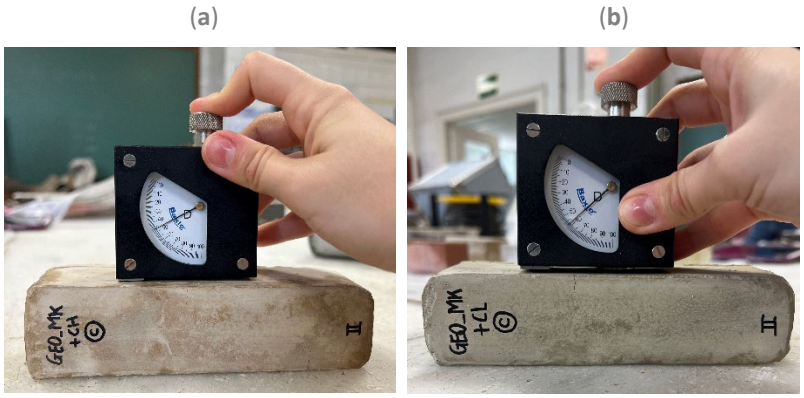


Figure 3. Shore-D surface hardness test on samples: (**a**) chabazite-rich tuff, (**b**) clinoptilolite-rich tuff

In the context of architectural heritage conservation, it is essential that the repair mortar exhibits mechanical properties compatible with those of the pre-existing materials, avoiding both excessive strength relative to the original mortar and insufficient strength compared to adjacent masonry units (Silva et al., 2014). In accordance with these principles, the geopolymer samples incorporating tuff waste (CH and CL) exhibited compressive strength values consistent with those of traditional reference mortars (Table 4), indicating a promising potential for structural integration with historical substrates.

The samples containing crushed brick waste (CP) showed higher mechanical strength values in both flexural and compressive tests (Table 3). However, these values remain within acceptable limits for application in the restoration of historic buildings, in accordance with the performance and compatibility requirements defined for conservation mortars, as shown in Table 4. (Maravelaki-Kalaitzaki et al., 2005); (Garijo et al., 2020); (Silva et al., 2015).

Table 4. Mechanical properties of some mortars widely used for restoration purposes.

Sample	Flexural Strength [MPa]	Compressive Strength [MPa]	Reference
OPC mortar (CEMII B/L 32.5)	4.70	24.80	(Silva et al., 2015)
Natural Bioclastic Limestone	n. d.	10.09	(Maravelaki-Kalaitzaki et al., 2005)
Repair mortar NHL-Z 3.5 with crushed bricks and silica sand	n. d.	3.48	(Maravelaki-Kalaitzaki et al., 2005)
Hydraulic lime mortar NHL 5	1.00	3.70	(Garijo et al., 2020); (Silva et al., 2015)

n. d.: not determined

5. CONCLUSIONS AND PERSPECTIVES

The experimental results obtained in this study highlight the significant potential of geopolymeric mortars as innovative solutions for the restoration and conservation of architectural heritage. Laboratory tests conducted on metakaolin-based formulations incorporating recycled aggregates demonstrated satisfactory performance in terms of water absorption, open porosity, capillary uptake, and mechanical resistance. The analyzed formulations exhibited mechanical and physical behaviour comparable to— and in some cases exceeding—that of conventional restoration materials, while offering the added value of a significantly lower environmental impact, in line with the principles of sustainability and circular resource management.

Based on these preliminary findings, future research developments will proceed along two main directions. First, durability tests will be carried out under controlled laboratory conditions, specifically targeting wet-dry resistance and salt crystallization behaviour, to assess the stability of the materials under severe environmental conditions simulating real exposure scenarios. Second, the research aims to translate laboratory outcomes into real-world applications by obtaining the necessary permits and authorizations for in situ testing of the developed mortars. These pilot interventions will represent a critical step toward validating the proposed formulations in operational contexts and may facilitate their adoption within established restoration practices.

In conclusion, this research seeks to make a meaningful contribution to the advancement of conservation techniques by promoting the integration of scientific innovation, environmental sustainability, and cultural heritage protection.

REFERENCES

Capasso, I., D'Angelo, G., Fumo, M., Del Rio Merino, M., Caputo, D., & Liguori, B. (2023). Valorisation of Tuff and Brick Wastes by Alkali Activation for Historical Building Remediation. *Materials*, *16*(20), 6619. https://doi.org/10.3390/ma16206619

Capasso, I., D'Angelo, G., Verniero, A., Castelluccio, R., & Liguori, B. (2023). Suitability of alkali activated materials using tuff for Cultural Heritage applications: Preliminary study. *XVI Italian Congress of Zeolites Science and Technology*, 32. https://www.aizeta.it/wp-content/uploads/2023/09/Book-of-Abstracts-AIZ-2023-rev-2.pdf

Capasso, I., Lirer, S., Flora, A., Ferone, C., Cioffi, R., Caputo, D., & Liguori, B. (2019). Reuse of mining waste as aggregates in fly ash-based geopolymers. *Journal of Cleaner Production*, *220*, 65–73. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.164

Duxson, P., Provis, J. L., Lukey, G. C., & Van Deventer, J. S. J. (2007). The role of inorganic polymer technology in the development of 'green concrete'. *Cement and Concrete Research*, *37*(12), 1590–1597. https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.08.018

European Commission. (2012). *Service contract on management of construction and demolition waste – SR1* (Final report under Framework Contract ENV.G.4/FRA/2008/0112). https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/final_report_10042012.pdf

European Commission. (2020). *A Renovation Wave for Europe – greening our buildings, creating jobs, improving lives*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0662

Fernandez-Jimenez, A., García-Lodeiro, I., & Palomo, A. (2007). Durability of alkali-activated fly ash cementitious materials. *Journal of Materials Science*, *42*(9), 3055–3065. https://doi.org/10.1007/s10853-006-0584-8

Fernández-Jiménez, A., Palomo, A., & Criado, M. (2005). Microstructure development of alkali-activated fly ash cement: A descriptive model. *Cement and Concrete Research*, *35*(6), 1204–1209. https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.08.021

Fishman, T., Mastrucci, A., Peled, Y., Saxe, S., & Van Ruijven, B. (2024). RASMI: Global ranges of building material intensities differentiated by region, structure, and function. *Scientific Data*, *11*(1), 418. https://doi.org/10.1038/s41597-024-03190-7

Garijo, L., Zhang, X., Ruiz, G., & Ortega, J. J. (2020). Age effect on the mechanical properties of natural hydraulic and aerial lime mortars. *Construction and Building Materials*, *236*, 117573. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117573

Geraldes, C. F. M., Lima, A. M., Delgado-Rodrigues, J., Mimoso, J. M., & Pereira, S. R. M. (2016). Geopolymers as potential repair material in tiles conservation. *Applied Physics A*, *122*(3), 197. https://doi.org/10.1007/s00339-016-9709-3

Liguori, B., Capasso, I., De Pertis, M., Ferone, C., & Cioffi, R. (2017). Geopolymerization Ability of Natural and Secondary Raw Materials by Solubility Test in Alkaline Media. *Environments*, *4*(3), 56. https://doi.org/10.3390/environments4030056

Maravelaki-Kalaitzaki, P., Bakolas, A., Karatasios, I., & Kilikoglou, V. (2005). Hydraulic lime mortars for the restoration of historic masonry in Crete. *Cement and Concrete Research*, *35*(8), 1577–1586. https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.09.001

Rovnaník, P. (2010). Effect of curing temperature on the development of hard structure of metakaolin-based geopolymer. *Construction and Building Materials*, *24*(7), 1176–1183. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.12.023

Schandl, H., Marcos-Martinez, R., West, J., Miatto, A., Lutter, S., Lieber, M., Giljum, S., Lenzen, M., Li, M., Wang, H., Tanikawa, H., Krausmann, F., Eisenmenger, N., & Fischer-Kowalski, M. (2024). Global material flows and resource productivity: The 2024 update. *Journal of Industrial Ecology*, *28*(6), 2012–2031. https://doi.org/10.1111/jiec.13593

Silva, B. A., Ferreira Pinto, A. P., & Gomes, A. (2014). Influence of natural hydraulic lime content on the properties of aerial lime-based mortars. *Construction and Building Materials*, *72*, 208–218. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.09.010

Silva, B. A., Ferreira Pinto, A. P., & Gomes, A. (2015). Natural hydraulic lime versus cement for blended lime mortars for restoration works. *Construction and Building Materials*, *94*, 346–360. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.06.058

UNI 11060:2003. (2003). *Beni culturali—Materiali lapidei naturali ed artificiali—Determinazione della massa volumica e della percentuale di vuoti*. https://store.uni.com/?josso_back_to=http%3A%2F%2Fstore.uni.com%2Fjosso-security-check.php&josso_cmd=login_optional&josso_partnerapp_host=store.uni.com

UNI EN 196-1:2016. (2016). *Methods of Testing Cement—Part 1: Determination of Strength*.

UNI EN 15801:2010. (2010). *Conservation of cultural property—Test methods—Determination of water absorption by capillarity*. https://store.uni.com/?josso_back_to=http%3A%2F%2Fstore.uni.com%2Fjosso-security-check.php&josso_cmd=login_optional&josso_partnerapp_host=store.uni.com

Verniero, A., Capasso, I., Caputo, D., & Liguori, B. (2024). Alkali activated sawing tuff wastes as sustainable mortars for Cultural Heritage. *Atti del Convegno del XV Convegno Internazionale, AIES, Associazione Italiana Esperti Scientifici Beni Culturali*. Diagnosis for the Conservation and valorization of Cultural Heritage, Napoli.

DOCUMENTACIÓN DIGITAL DEL EDIFICIO DE PASAJEROS DE TURUÑANA MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA

DIGITAL DOCUMENTATION OF TURUÑANA STATION USING PHOTOGRAMMETRY

Juan Villarroya Gaudó [(1)]

[1] Profesor Titular Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia, Centro Adscrito Universidad de Zaragoza, España, juanvi@unizar.es

RESUMEN

La estación de Turuñana es un punto estratégico en la línea de Ferrocarril entre Zaragoza y Canfranc. Se une la línea que pasa por Huesca con el ramal directo que va desde Zuera hasta Turuñana. En el primer tercio del siglo XX, el desarrollo de las líneas de hierro suponía una posibilidad importante de crecimiento social y económico para las diferentes localidades por donde pasaba. Turuñana se convierte en un punto importante de la línea, ubicado en mitad de la nada.

Actualmente la estación y su entorno se encuentran totalmente abandonados en un entorno agreste y natural con un paisaje increíble entre campos, olvidada al transcurso del tiempo y de los años.

Con el trabajo y la investigación desarrolladas y que se presentan en esta comunicación se favorece la difusión y el conocimiento de la historia reciente del ferrocarril de Aragón y se ayuda a preservar el patrimonio ferroviario.

Tras una primera investigación y trabajo en archivos y bibliografía, así como en otros documentos históricos, se procede a la restitución precisa de la documentación gráfica del edificio estudiado, la estación de Turuñana.

Después de diferentes visitas al entorno y llevando a cabo un riguroso trabajo de campo, se procede a la restitución mediante técnicas de fotogrametría para levantar una nube de puntos para conseguir hacer una toma de datos precisa. Este trabajo, combinado con otras técnicas de tomas de datos, además del propio reportaje fotográfico, permite generar una documentación gráfica de gran precisión e interés, con gran nivel de detalle.

Palabras clave: *Documentación histórica - Fotogrametría - Patrimonio ferroviario - Documentación digital - Estación de Turuñana*

ABSTRACT

Turuñana station is a strategic point on the railway line between Zaragoza and Canfranc. It connects the line that passes through Huesca with the direct branch that runs from Zuera to Turuñana. In the first third of the 20th century, the development of railway lines represented a significant opportunity for social and economic growth for the various towns it passed through. Turuñana became an important point on the line, located in the middle of nowhere.

Currently, the station and its surroundings are completely abandoned in a wild, natural setting with an incredible landscape among fields, forgotten over time and years.

The work and research carried out and presented in this communication promote the dissemination and understanding of the recent history of the Aragon railway and help preserve its railway heritage.

After an initial investigation and work in archives and bibliography, as well as other historical documents, the detailed graphic documentation of the building studied, the Turuñana station, is restored.

After several visits to the area and rigorous fieldwork, the restoration process was carried out using photogrammetry techniques to create a point cloud for accurate data collection. This work, combined with other data collection techniques, in addition to the photographic report itself, allows for the generation of highly accurate and interesting graphic documentation with a high level of detail.

Keywords: *Historical documentation – Photogrammetry - Railway heritage - Digital documentation - Turuñana station*

1. CONTEXT OF THE ZARAGOZA–CANFRANC RAILWAY

The cross-border railway line from Zaragoza to Canfranc, with later connection to France via the Somport tunnel toward Oloron and Pau, has been a historical demand since the mid-19th century. In 1853, the manifesto Los Aragoneses a la nación española: consideraciones sobre las ventajas del ferrocarril del Norte por Zaragoza y Canfranc ("The Aragonese to the Spanish Nation: considerations on the advantages of the northern railway via Zaragoza and Canfranc") was drafted, where several arguments were presented to defend the idea that the cross-border route through Canfranc was the optimal solution — better than those through the Basque Country or Catalonia — due to economic, geographical, political, or even historical reasons (AA.VV., 1853)

Nearby countries like France and Germany — with the exception of England, birthplace of the coal and steel revolution — had already experienced the social and industrial transformations driven by the railway system. The Spanish upper class quickly recognized the socioeconomic impact that was spreading across the Pyrenees (Lera-Aused & Medrano-Márqués, 2021).

In this context, the emerging Aragonese bourgeoisie aimed to follow the example of modernizing European societies, viewing the railway as a mode of transport that promoted commercial relations and, ultimately, economic and social progress. Although since 1845 there had been a proposal to build a line connecting Madrid with Zaragoza and eventually France via Pamplona, the railway did not definitively reach Aragón until 1861, the year when the Zaragoza–Lérida line was inaugurated (Lera-Aused & Medrano-Márqués, 2021).

The construction of the Zaragoza–Canfranc railway line was carried out in several phases (Image 1):

- 1861: Zaragoza–Tardienta opened on September 18, as part of the Zaragoza–Lérida line, with later connection to Barcelona.
- 1864: Tardienta–Huesca (September 12).
- 1883: Huesca–Jaca (March 1).
- 1928: Jaca–Canfranc opened on July 11, completing the trans-Pyrenean section.
- 1929: Zuera–Turuñana: built by request of the French government, shortening the route by 44 km compared to the section through Huesca.

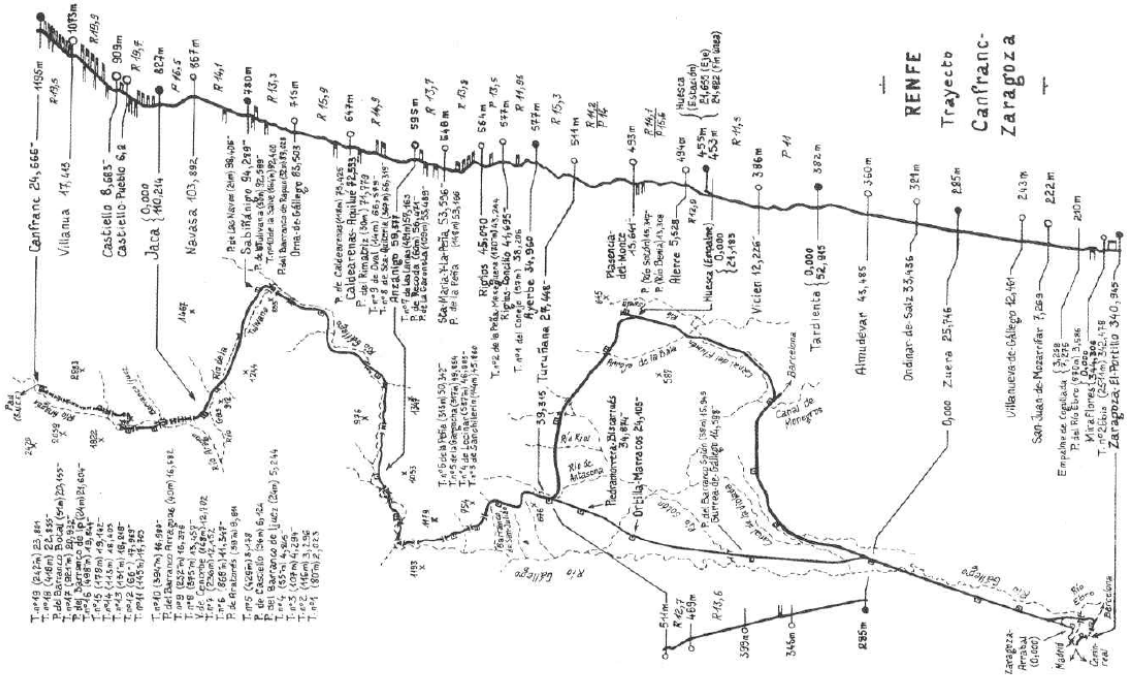


Image 1. Plan and section of the railway line between Zaragoza and Canfranc, showing the direct branch from Zuera to Turuñana. Period drawing of the route of the line. (CREFCO) (Parra-de-Más et. al. 2005)

The original route from Zaragoza to Canfranc follows the Gállego River valley up to Sabiñánigo, then ascends toward Jaca, continuing along the Aragón River valley until reaching the Los Arañones plain — the site of the Canfranc International Station, which led to the development of the village known today as Canfranc Estación.

The railway line makes use of the original Zaragoza–Barcelona route, reaching Tardienta Station, from which a branch diverges toward Huesca, the provincial capital.

From Huesca, the line continued to Jaca in 1883, reaching Canfranc in 1928. At the request of the French government, a direct branch line from Zuera to Turuñana was authorized in 1927 and completed on February 18, 1928. The first official journey was made on March 4, 1929. This 44 km branch passed through stations such as Gurrea, Ortilla-Marracos, and Piedramorrera-Biscarrués, ending at Turuñana, which became a key junction before rejoining the main line toward Canfranc.

While Zaragoza's press celebrated its inauguration due to the significant reduction in travel time between Zaragoza and Canfranc, Huesca perceived it as the loss of its role in international railway traffic. Turuñana Station thus became a strategic point where the tracks bifurcated — either toward Zaragoza via Zuera or via the original route through Huesca.

1.1 Turuñana station

Turuñana Station (Image 2) gained significance following the commissioning of the direct branch line between Zuera and Turuñana on March 4, 1929 (López-Pardo. et al., 2020). Historically, Turuñana had served as a stop on the stagecoach route between Zaragoza and Jaca. It lies within the municipality of Ayerbe. Beneath the ruins of Artasona Castle, the old roadside inn was the station's only neighbor—both buildings standing alone in a vast plain dedicated to cereal cultivation.



Image 2. View of the Turuñana station buildings and surrounding areas. Photo: Author

In this immense and tranquil landscape, the branch from Zuera converged with the line from Huesca, continuing on toward Canfranc and across the Somport Tunnel into France.

In the novel *Nadie se apeará en Turuñana, camino de Canfranc* (Galtier-Martí, 2020), the absurd events portrayed repeatedly reinforce the idea that "nothing ever happens at Turuñana Station." Trains passed by on time, and the station had to house workers and railway staff who operated the line, along with their families.

Despite its apparent stillness, Turuñana was an important node on the line's layout, as it was the junction point where the two branches—toward Huesca and Zuera—diverged or reconnected. It is located in the plains between Huesca and Ayerbe.

Although it has always been officially denied that "punishment stations" existed, certain stations, due to their isolated and singular location, have acquired a unique symbolic and historical character. Turuñana is one such case. Its isolation is not exceptional along the line: similar conditions can be found at Biscarrués-Piedramorrera Station, also on the branch from Zuera, or the nearby Riglos-Concilio Station, to name a few.

2. OBJECTIVES

This study forms part of a broader research project on the railway heritage of the Zaragoza–Canfranc line, with a particular focus on Turuñana Station, a building of singular character due to both its role within the railway system and its historical, symbolic, and architectural value.

The main objectives of this work are:

- To historically analyze the role of Turuñana Station within the layout of the Zuera–Turuñana branch line, considering its functional evolution and territorial context.
- To compare and systematize historical documentation (plans, photographs, technical records) with the current physical condition of the station.
- To develop a detailed digital model of the station using advanced graphic documentation techniques, with the aim of promoting its conservation, dissemination, and potential heritage reuse.
- To contribute to the preservation of railway heritage through the study, digitization, and graphic restitution of this type of singular building, which is often forgotten or at risk of disappearing.

3. METHODOLOGY

The methodology used in this study combines historical documentary sources with modern digital tools for graphic representation and analysis. It is structured into the following phases:

- Historical and documentary research, drawing on archives, specialized literature, period newspapers, and original plans, to understand the origin, uses, and transformations of the building. Special mention should be made of the work carried out in the AZAFT archive.
- Scanning and digitization of plans: the original documentation obtained from the AZAFT archive was digitized using plan scanners, with the aim of preserving these historical materials.
- Technical redrawing of available documentation, to create a coherent and precise base for study, conservation, and digital reproduction.
- Field visits and on-site work, including photographic recording and manual data collection, to contrast historical documentation with the current state of the building.
- Digital photogrammetric survey, using images captured with terrestrial cameras, processed with specialized software to generate point clouds and three-dimensional models (Buldo et. al. 2024). Among several tested options (Recap, RealityCapture), the standard version of Agisoft Metashape was ultimately chosen due to its workflow efficiency and the high definition of the final results.
- Graphic restitution of plans and elevations based on photogrammetry, producing representations consistent with the building's original construction techniques and architectural language.
- During the process, laser scanning was ruled out as a method for generating the point cloud, due to the limited accessibility of the station building's surroundings. This was the result of a particularly rainy spring and a dense environment overgrown with shrubs and brambles, combined with recent railway track improvement works that left construction materials and debris in several areas.

This methodological approach seeks to bridge past and present, combining documentation and technology to offer a precise and updated vision of the building. It contributes both to academic knowledge and to the station's preservation as a piece of railway cultural heritage (Quintilla-Castán, Agustín-Hernández, 2024).

4. ANALYSIS OF THE STATION AND DOCUMENTATION

Following the historical overview of Turuñana Station, and its context and significance within the Zaragoza–Canfranc railway line, the study moves on to the analysis of the consulted documentation.

Thanks to the work carried out in the Historical Archive of AZAFT (Aranda-Moya, 2019); (Roldán-Aranda 2023), a highly valuable document was located containing the original floor plans of the passenger building of Turuñana Station (Image 3). The conservation status of the document is good, and thanks to its digitalization, it has been possible to work directly on it, producing an accurate restitution and technical redrawing using CAD software tools.

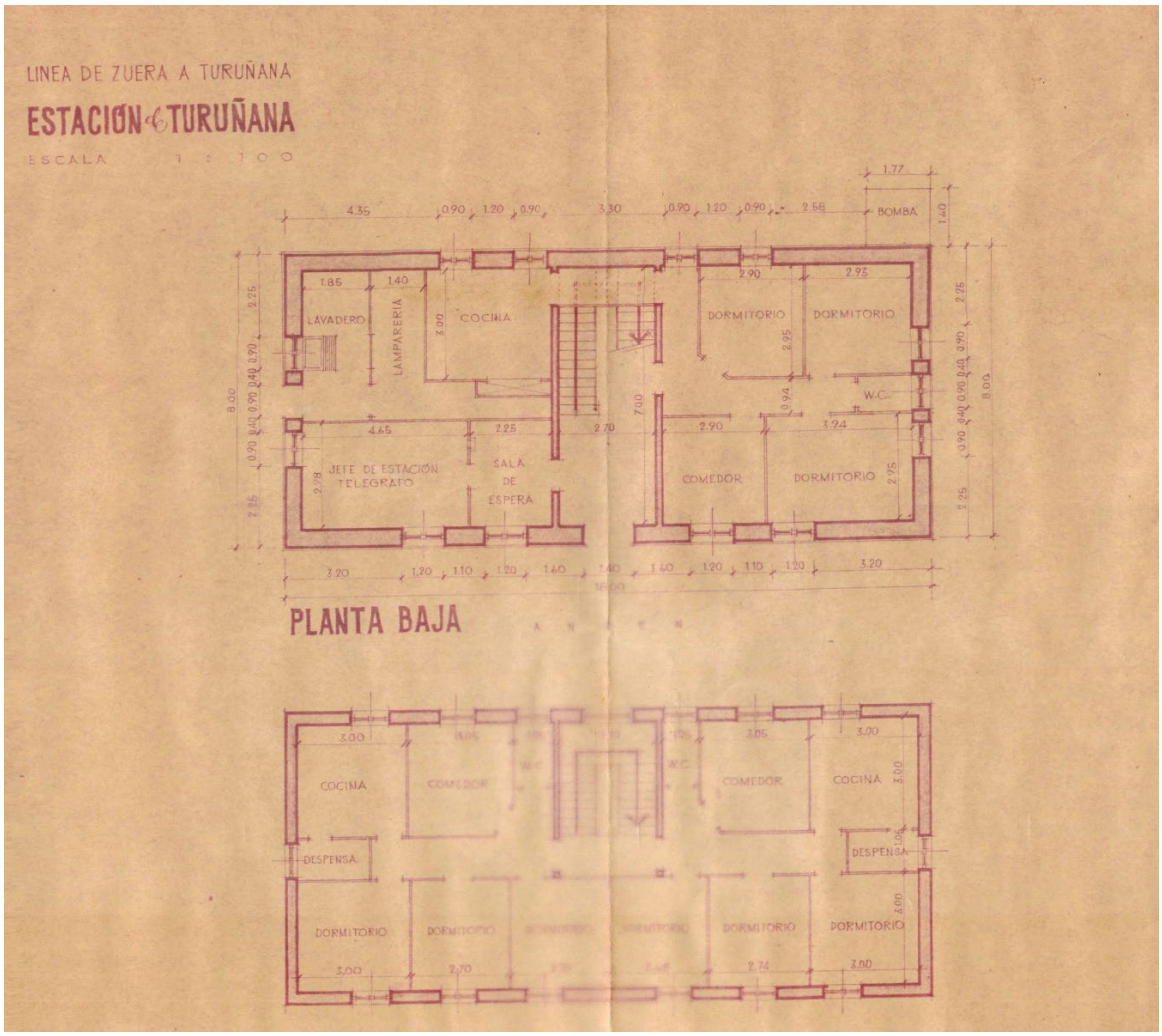


Image 3. Floor plans of the Turuñana station passenger building. Source: AZAFT Archives

Moreover, the opportunity to access the station in its current abandoned state allowed for direct observation and comparison between the original design, the archival plans, and the present-day condition, which is one of partial ruin.

Through multiple field visits and a carefully executed photographic survey, photogrammetric work was successfully carried out using Agisoft Metashape. For various practical reasons, the standard version of the software was used, and due to the available computing resources at the time, the point cloud was generated at medium quality. Given that the final aim of the 3D model is the promotion and preservation of heritage, it was considered that higher-definition output was not necessary at this stage.

From the resulting point clouds, and their corresponding meshes and textured models, orthophotos and orthoplans could be generated. Combined with the previous CAD work, it became possible to reconstruct nearly all elevations and other graphic documents of the building, enabling its dissemination and study in both academic and heritage contexts.

5. GRAPHIC RESULTS, PHOTOGRAMMETRY, AND SURVEYS

Below are the various graphic documents obtained throughout the research process:

- Floor plans of the Turuñana station passenger building (Image 4)
- photogrammetry work for generating the point cloud (Image 5)
- 3D model: point cloud, solid, mesh and texture (Image 6)

LÍNEA DE ZUERA A TURUÑANA

ESTACIÓN de TURUÑANA

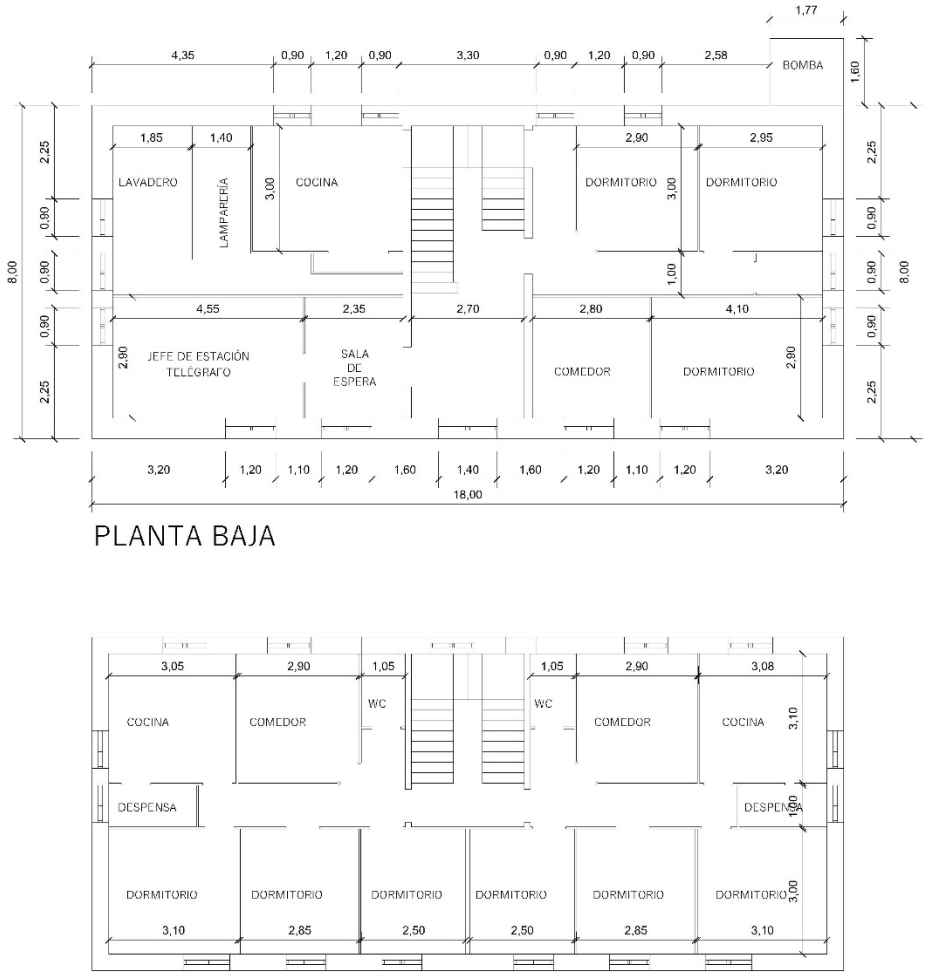


Image 4. Floor plans of the Turuñana station passenger building. Source: Author

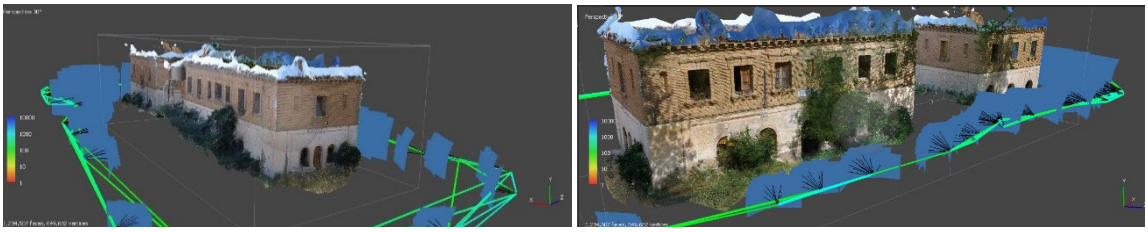


Image 5 Views of the photogrammetry work for generating the point cloud. Source: Author

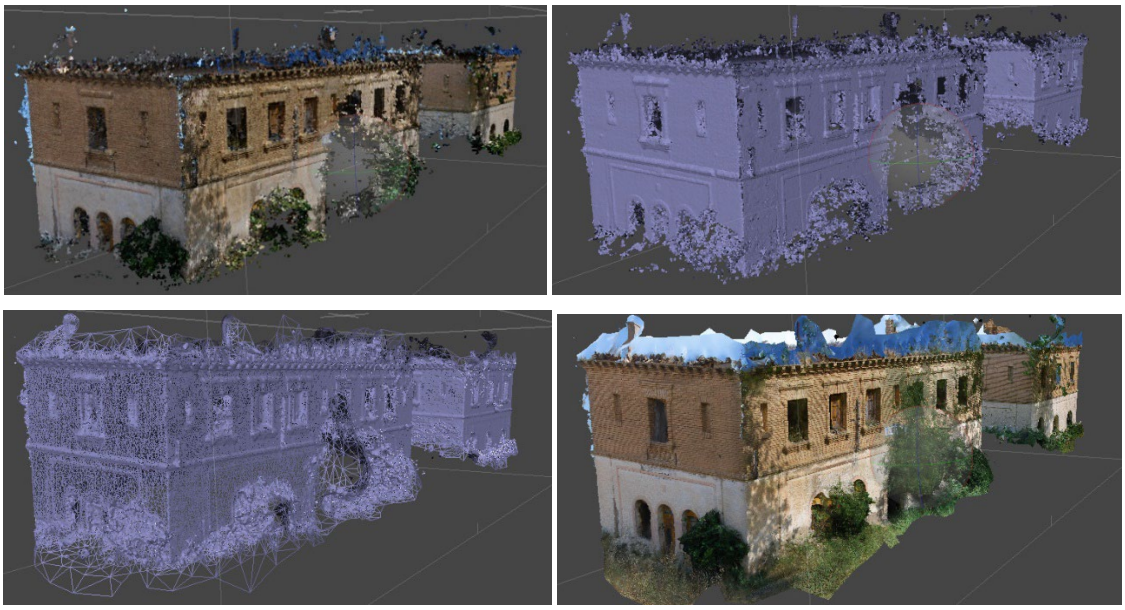


Image 6. Different views of the 3D model: point cloud, solid, mesh and texture. Source: Author

6. DISCUSSION

The historical and graphic analysis of Turuñana Station reveals a singular case within the set of railway buildings on the Zaragoza–Canfranc line. Unlike larger or better-known stations such as Canfranc, Huesca, or Jaca, Turuñana is modest in scale yet highly strategic in its role. It served as the connection point for the direct branch from Zuera, built to reduce travel times and improve the efficiency of the international route. This functional character, together with its primary role as a technical node rather than a passenger stop, makes it an underrated yet essential example within the Pyrenean railway network of the early 20th century.

From a heritage perspective, Turuñana Station embodies a transition between two paradigms: the 19th-century regional transport model based on indirect routes, and the rationalized system of the 20th century, which prioritized direct cross-border connections to France via Canfranc. In this sense, its construction reflects a logic more aligned with functional engineering than with the symbolic monumentality of other stations. Nevertheless, its austere architecture, defined by straight lines and constructive rationality typical of the 1920s, preserves the architectural language of the railway era and stands as a valuable testament to the modernization of infrastructure in rural settings.

The comparison between recovered historical documentation (original plans, line projects, technical descriptions) and the data obtained through photogrammetric surveying has allowed for the validation of part of the original design. It has also helped to identify alterations, material losses, and functional transformations. These differences between the planned and the current state underscore the need to preserve not only physical elements but also the technical and territorial memory embedded in such buildings.

Furthermore, the use of digital techniques such as terrestrial photogrammetry, three-dimensional restitution, and scanning of historical drawings adds a layer of precision and documentary rigor, while opening new possibilities for the active conservation and dissemination of railway heritage. As noted by authors like Murphy et al. (2009), the application of HBIM environments (Heritage Building Information Modeling) enables effective management of heritage buildings throughout their lifecycle, integrating historical, graphic, and material information.

In the case of Turuñana, the detailed digital reconstruction and graphic restitution of the station aim not only to visually replicate the building, but also to provide a technical and cultural foundation for its physical conservation and potential reuse as an interpretive element of the Aragonese railway landscape. Thus, this study contributes not only to the academic understanding of railway heritage, but also proposes a concrete strategy for its appreciation and future preservation.

7. CONCLUSIONS

The study of Turuñana Station, within the context of the Zaragoza–Canfranc railway line and the direct branch from Zuera, highlights the value of a railway building that has been largely undocumented until now, yet proves essential to understanding the technical and territorial transformations of transportation in Aragón during the first third of the 20th century. Its construction responded to operational efficiency criteria and to international demands stemming from the Franco-Spanish agreement for the opening of the trans-Pyrenean corridor, making this station more of a logistical milestone than a symbolic one.

From a methodological standpoint, the approach proposed—based on the comparison between historical documentation and digital architectural documentation techniques—has proven effective in recovering the building's original technical knowledge, identifying changes and losses, and generating a digital model useful for its conservation and dissemination. The application of photogrammetry, plan scanning, and technical redrawing has enabled the development of a precise graphical restitution, potentially integrable within an HBIM environment, as recommended by international standards for heritage management.

Beyond the specific case of Turuñana, this research emphasizes the importance of paying attention to secondary buildings within large historical infrastructures. Modest stations, logistical junctions, and forgotten branch lines like Zuera–Turuñana are also part of railway cultural heritage, and their study, documentation, and preservation are key to achieving a comprehensive understanding of the network and its historical evolution.



Image 7. Final elevation comparing originals and point cloud. Source: Author

Finally, this work reinforces the notion that digital tools not only complement historical analysis, but can also become a strategic instrument for the protection, enhancement, and reuse of endangered architectural heritage. In this regard, the digital reconstruction of Turuñana Station is not merely a technical representation (Image 7), but a way to ensure its permanence in memory and in the cultural landscapes of Aragón.

REFERENCES

AA. VV. (1853), *Los aragoneses a la nación española: consideraciones sobre las ventajas del ferrocarril del Norte por Zaragoza y Canfranc*, edición facsímil con prólogo de José Luis Soro (2018), Zaragoza, Diputación General de Aragón.

Aranda-Moya, D. (2019). TFG *Estudio y catalogación de la documentación gráfica del Archivo de AZAFT de la línea de Ferrocarril entre Zaragoza y Canfranc*. Villarroya-Gaudó, J. (dir.) Universidad de Zaragoza, ALM.

AZAFT, *Asociación Zaragozana de Amigos del Ferrocarril y el Tranvía*. Archivo

Buldo, M.; Agustín-Hernández, L.; Verdoscia, C.; Semantic Enrichment of Architectural Heritage Point Clouds Using Artificial Intelligence: The Palacio de Sástago in Zaragoza, Spain. *Heritage 2024, 7, 6938–6965.* https://doi.org/10.3390/heritage7120321

CREFCO, Por la reapertura de la línea Canfranc Oloron. https://crefco.org/

Galtier-Martí, Ricardo (2020), N*adie se apeará en Turuñana, camino de Canfranc*, 2.ª edición; Zaragoza

Lera-Aused, B.; Medrano-Marqués, M. (2021). La Estación Internacional de Canfranc: historia y actualidad. *JC 33.* ISSN 0213-1404, ISSN-e 2445-0596; http://revistas.iea.es/index.php/JC

López-Pardo, J.R.; Serena, L.; Cuchí, J.A. (2020) El Ferrocarril Cantábrico-Mediterráneo y el Alto Aragón. Lucas Mallada, 22: 19 a 61, ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X; http://revistas.iea.es/index.php/LUMALL; Huesca

Murphy, M., McGovern, E. and Pavia, S. (2009), Historic building information modelling (HBIM), Structural Survey, Vol. 27 No. 4, pp. 311-327. https://doi.org/10.1108/02630800910985108

Parra-de-Más, S., Barrère, B.; Brenot, J.; Sabio, A.; Pérez-Latorre, J.M. (2005) *Canfranc el Mito.* Zaragoza, Ed. Pirineum.

Quintilla-Castán, M.; Agustín-Hernández, L. (2024) Desarrollo de un repositorio gráfico para el inventario virtual del patrimonio - Development of a grapchic repository for the virtual inventory of heritage. *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica, Vol. 29 Núm. 50 (2024): conversando con... Guillermo Vázquez Consuegra*. https://doi.org/10.4995/ega.2024.17448

Roldán-Aranda, E. (2023) TFG *Catalogación y digitalización parcial del archivo privado de la Asociación Zaragozana Amigos del Ferrocarril y Tranvías (AZAFT)*. Villarroya-Gaudó, J. (dir.) Universidad de Zaragoza, ALM.

ESTUDIO DE LA VIBRACIÓN MANO – BRAZO CUANDO SE EMPLEAN TALADROS PERCUTORES SOBRE TRES MATERIALES DISTINTOS

STUDY OF HAND – ARM VIBRATION WHEN PERCUSSION DRILLS ARE USED ON THREE DIFFERENT MATERIALS

M. Nieves González García[1], Joana Cristina Cardoso Guedes[2], Antonio José Carpio de los Pinos[3], João Santos Baptista[4]

[1] Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, mariadelasnieves.gonzalez@upm.es
[2] Universidade do Porto, Porto, Portugal, jccg@fe.up.pt
[3] Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, aj.carpio@upm.es
[4] Universidade do Porto, Porto, Portugal, jsbap@fe.up.pt

RESUMEN

La creciente mecanización de las labores industriales producida durante las últimas décadas a nivel internacional ha supuesto un gran incremento del número de trabajadores expuestos a vibraciones mano-brazo debido al empleo de herramientas vibrantes de mano. Además del malestar producido por la sintomatología de la enfermedad, las vibraciones mano-brazo conducen a problemas socioeconómicos para los pacientes y elevados costes para la sociedad.

El síndrome de vibración mano-brazo es una enfermedad industrial reconocida que se produce como consecuencia de una exposición prolongada a vibraciones producidas por herramientas que vibran durante su funcionamiento. El síndrome agrupa una serie de trastornos que afectan al sistema circulatorio periférico, al sistema nervioso periférico y al sistema esquelético de la mano y el brazo. La clínica de este síndrome incluye parestesias en los dedos, dolor, debilidad en la muñeca y mano, blanqueamiento digital, intolerancia al frío, debilidad en los flexores digitales y músculos intrínsecos, decoloración y lesiones tróficas superficiales de los dedos. Si bien el síndrome mano-brazo puede ser reversible en las fases más tempranas de la enfermedad, la eliminación de los síntomas es muy complicada en los casos más severos.

Los taladros percutores son herramientas muy empleadas en el sector de la construcción. Para la realización de los taladros el sistema combina un movimiento de rotación con impactos en la dirección de avance de la broca. Cuando se utilizan taladros percutores en el sector de la construcción, la magnitud de la vibración producida sobre el sistema mano-brazo también se puede ver afectada por otros factores como pueden ser las características físicas y mecánicas del material que se taladra.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que el uso de taladros percutores en materiales de construcción genera niveles de vibración mano-brazo que superan con frecuencia los valores límite establecidos por la normativa vigente, evidenciando la necesidad de medidas preventivas específicas y de una revisión crítica de los valores declarados por los fabricantes.

Palabras clave: *Prevención, seguridad, higiene industrial, vibración mano-brazo, taladro percutor*

ABSTRACT

The increasing mechanization of industrial work in recent decades at international level has led to a large increase in the number of workers exposed to hand-arm vibrations due to the use of vibrating hand tools. In addition to the discomfort produced by the symptomatology of the disease, hand-arm vibrations lead to socio-economic problems for patients and high costs for society.

Hand-arm vibration syndrome is a recognized industrial disease which occurs as a result of prolonged exposure to vibrations produced by tools that vibrate during operation. The syndrome groups a number of disorders that affect the peripheral circulatory system, the peripheral nervous system and the skeletal system of the hand and arm. Clinical signs of this syndrome include paresthesia in the fingers, pain, weakness in the wrist and hand, digital whitening, cold intolerance, weakness in the digital flexors and intrinsic muscles, discoloration and superficial trophic lesions of the fingers. Although hand-arm syndrome can be reversible in the earliest stages of the disease, the elimination of symptoms is very complicated in the most severe cases.

Impact drills are widely used in the construction industry. For the drilling, the system combines a rotational movement with impacts in the direction of the drill. When percussion drills are used in the construction industry, the magnitude of vibration produced on the hand-arm system may also be affected by other factors such as the physical and mechanical characteristics of the material being drilled.

The results obtained show that the use of hammer drills in construction materials generates hand-arm vibration levels that frequently exceed the limit values established by current regulations, highlighting the need for specific preventive measures and a critical review of the values declared by manufacturers.

Keywords: *Prevention, safety, industrial hygiene, hand-arm vibration, hammer drill*

1. INTRODUCCIÓN

El síndrome de vibración mano-brazo (HAVS, por sus siglas en inglés) es una enfermedad industrial reconocida que se produce como consecuencia de una exposición prolongada a vibraciones producidas por herramientas que vibran durante su funcionamiento. HAVS agrupa una serie de trastornos que afectan al sistema circulatorio periférico, al sistema nervioso periférico y al sistema esquelético de la mano y el brazo (Maeda et al., 2019; Taylor, 1988; Malchaire et al., 2001; Heaver et al., 2010; Mahbad & Noriaki, 2011).

Durante las últimas décadas se ha producido un notable incremento a nivel mundial en el número de trabajadores expuestos a vibraciones mano brazo debido al empleo de herramientas de mano vibrantes (Weier, 2020).

Se estima que entre el 1,7 % y el 3,6 % de los trabajadores europeos y de USA están expuestos potencialmente a las vibraciones transmitidas a las manos y a los brazos. Esto constituye un grave problema de salud laboral debido al elevado número de trabajadores afectados (NIOSH, 1983; ILO, 2011).

Desde finales de la década de los 80 se han realizado numerosos estudios en los cuales se ha puesto de manifiesto la relación entre la exposición a vibraciones mano-brazo y los efectos producidos (Yu et al., 1986; Gemne, 1997; Bovenzi, 1998; Bovenzi et al., 2019) confirmando que el uso prolongado de herramientas con alto valor de vibración podría desencadenar el síndrome HAVS (NIOSH, 1997; Griffin, 1990; Burdorf & Monster, 1991). El US National Institute for Occupational Safety and Health estimó que 1,45 millones de trabajadores de USA están expuestos cada año a vibraciones mano brazo perjudiciales. En Canadá, HAVS es la enfermedad más común entre los trabajadores que usan herramientas de mano vibrantes. Entre 2004 y 2016 los trabajadores de Reino Unido realizaron más de 10.000 reclamaciones por HAVS al programa Industrial Injuries Disablement Benefit. Según la Sixth Working Condition Survey, casi el 20 % de los trabajadores de la Unión Europea de los 28 (EU28) están expuestos a las vibraciones producidas por herramientas o máquinas durante al menos una cuarta parte de su vida laboral.

La transmisión de la vibración y su propagación en el organismo a través del sistema mano-brazo es un fenómeno complejo, al que se ha dedicado un esfuerzo investigador considerable, que involucra varios factores como son las características biomecánicas del cuerpo, la impedancia mecánica de la mano, la postura, la fuerza desarrollada por las manos, el tamaño de las manos, la existencia de absorbedores o la existencia simultánea de percusión con la vibración. Todos estos factores afectan a la intensidad de la vibración y a su transmisibilidad.

Los taladros percutores son herramientas muy empleadas en el sector de la construcción. Para la realización de los taladros el sistema combina un movimiento de rotación con impactos en la dirección de avance de la broca.

Sin embargo, cuando se utilizan taladros percutores en el sector de la construcción, la magnitud de la vibración producida sobre el sistema mano-brazo también se puede ver afectada por otros factores como pueden ser las características físicas y mecánicas del material que se taladra, el tipo de taladro percutor

empleado o el tamaño de la broca, la postura, el agarre y la fuerza aplicada, que influyen en el punto de aplicación de la fuerza, su dirección, magnitud y duración. Además, estos factores pueden influir de manera distinta a trabajadores con características antropomórficas distintas. Este estudio tiene como objetivo analizar la magnitud de la vibración mano-brazo generada por dos modelos distintos de taladros percutores al perforar tres tipos de materiales de uso común en la construcción, con el fin de valorar su adecuación a los valores límite establecidos por la normativa europea.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Para comprobar la influencia del equipo mecánico empleado en las operaciones de taladrado sobre la magnitud de la vibración producida, se han empleado dos taladros percutores nuevos de la empresa Hilti modelos TE-3-C SDS Plus (H1) y TE 7 SDS Plus (H2) equipados con una broca nueva de 12 mm de diámetro, también de la empresa Hilti. En la tabla 1 se indican las características garantizadas por el fabricante de los dos taladros percutores.

Tabla 1. Características garantizadas por el fabricante de los dos taladros percutores utilizados

Taladro percutor	Peso (kg)	rpm	Frecuencia impacto (golpes/m)	Aceleración triaxial (m/sg^2)
H1	3,0	1300	5160	15,5
H2	2,9	1050	4980	11

Se ha trabajado sobre escayola y morteros de cemento que son materiales habitualmente empleados en la industria de la construcción como revestimiento de cerramientos verticales y horizontales. Se han fabricado probetas de ambos materiales de dimensiones 260x260x90 mm. La escayola es E 30 de la casa comercial Fidensa S.L. El mortero de cemento utilizado ha sido el mortero para el revestimiento de muros y tabiques ya ensacado Tector Plast 160 Pro HF de Holcim. Ambos materiales se emplean habitualmente en las obras de construcción. Para poder caracterizar física y mecánicamente ambos materiales se han fabricado probetas de 40x40x160mm y, después de desmoldadas y curadas, se ha obtenido la densidad, resistencia a compresión y resistencia a flexión. En la tabla 2 se indican los valores obtenidos.

Tabla 2. Características físicas y mecánicas de las probetas ensayadas

Material	Relación a/material	Densidad (g/cm^3)	Resistencia a compresión (MPa)	Resistencia a flexión (MPa)
Escayola	0,78	910	6,2	3,7
Mortero de cemento	0,22	1630	7,2	3,1

Para valorar la influencia del efecto producido cuando durante la realización de un taladro se perforan dos materiales distintos se han fabricado probetas constituidas por un ladrillo cerámico hueco de dimensiones 400 x 200 x 70 mm a los que se ha aplicado en una de las caras una capa de escayola de 15 mm de espesor (R). La escayola utilizada es la misma que la empleada en las probetas de ese material.

De este modo, se han utilizado como variables dos taladros percutores con los que se han taladrado tres superficies distintas, resultando un total de 6 situaciones de ensayo distintas. Cada uno de estos valores se ha obtenido a partir de cuatro taladros, resultando finalmente 24 operaciones de taladrado. En la figura 1 se muestra una de las operaciones de taladrado junto con el aspecto de la probeta de escayola una vez efectuados los ensayos. Para simular la situación de la existencia de un tabique o muro donde se efectúa el taladro, se han colocado los elementos comprimidos con una prensa a la que se ha sometido en carga de forma manual.



Figura 1. Ejecución de los taladros y probeta de escayola taladrada

Los datos se han adquirido con un equipo de medición y procesamiento de datos de la empresa Bruel&Kjaer formado por un acelerómetro triaxial Delta Tron modelo 4524-C, un adquisidor de datos LAN-XI y el software de procesamiento BK Connect.

2.2 Métodos

La Directiva Europea 2002/44/EC, haciendo referencia a la norma ISO 5349-1:2001, indica que para realizar el cálculo de la exposición a las vibraciones mano-brazo debe medirse la aceleración eficaz ponderada en frecuencia en cada uno de los tres ejes x, y, z para un período normalizado de 8 h de duración (ecuación 1):

$$= \quad (i = 1, 2, 3) \qquad (1)$$

Donde el subíndice i indica cada uno de los tres ejes coordenados x, y, z definidos de acuerdo a la norma ISO 5349-1:2001; a_{wi} es la aceleración eficaz ponderada en frecuencia rms en la dirección de los tres ejes; T_d es el período diario de la exposición a la vibración y T_0 es el período de referencia (8h). La norma ISO 5349 asume que, a diferencia de lo que sucede cuando se estudian las vibraciones del cuerpo entero, las vibraciones mano-brazo producidas en cualquiera de las direcciones son igual de perjudiciales, por lo que no se aplica ningún factor de ponderación al valor obtenido en cada uno de los ejes (Dong et al., 2015).

El valor rms de la aceleración en la dirección de cada uno de los ejes se define como:

$$= \quad (i = 1, 2, 3) \qquad (2)$$

Donde T es el tiempo de duración de la medida y $a_{wi}(t)$ es la aceleración ponderada en frecuencia en la dirección del eje correspondiente.

La magnitud total de la aceleración se obtiene según la norma ISO 5349 con la ecuación:

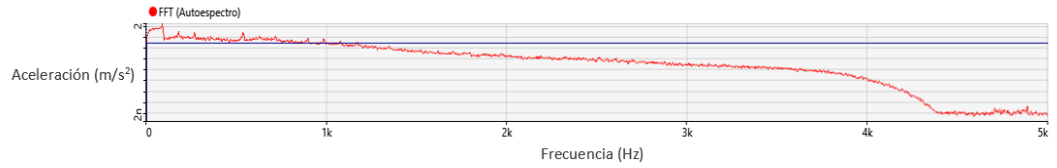
$$= \qquad (3)$$

Para determinados tipos de vibraciones, especialmente para aquellos en los cuales suceden choques, este método de evaluación puede subestimar los efectos de la vibración. En este caso la norma ISO recomienda la evaluación del factor de cresta (CF), parámetro que se define como el módulo del cociente entre el máximo valor de pico de la aceleración ponderada en frecuencia y su valor rms. La norma ISO especifica que para valores de CF iguales o inferiores a 9, el método basado en el valor de rms es apropiado.

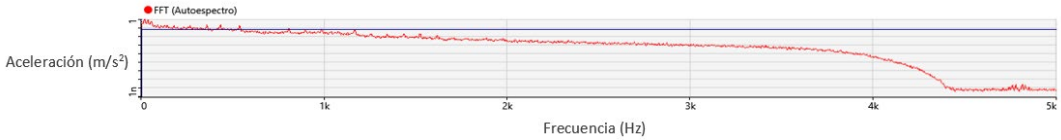
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la figura 2 se muestra la variación de la aceleración ponderada en frecuencia en cada uno de los ejes con la frecuencia a la que se produce para uno de los ensayos.

Eje X



Eje Y



Eje Z

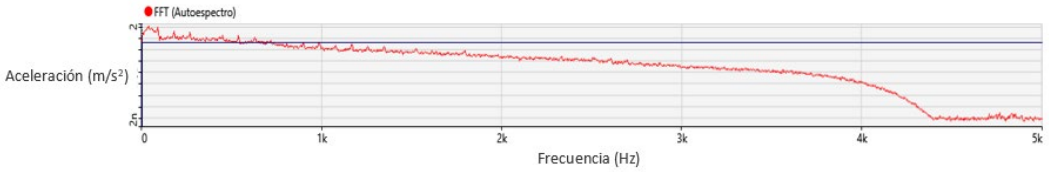
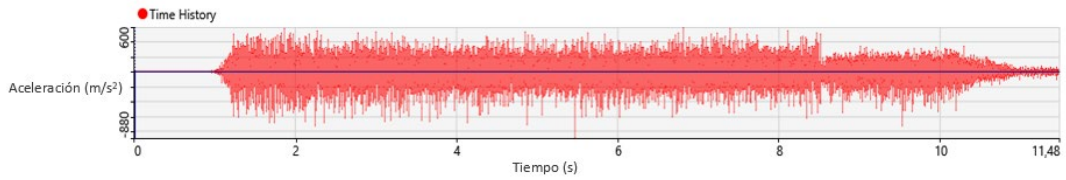


Figura 2. Variación de la aceleración ponderada en frecuencia en función de la frecuencia

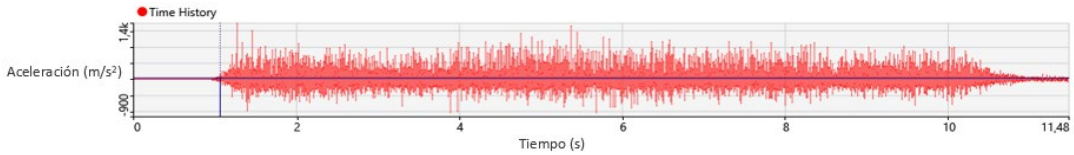
En todos los ensayos realizados el aspecto de estas curvas es el mismo. Puede comprobarse como las mayores aceleraciones se producen en las frecuencias más bajas. Conforme se incrementa el valor de la frecuencia el valor de la aceleración disminuye lenta y progresivamente hasta que se alcanza la frecuencia de aproximadamente 4000 Hz, momento en el que se produce una disminución mucho más rápida de la aceleración hasta alcanzar una frecuencia de aproximadamente 4500 Hz, momento en el que la aceleración permanece muy constante.

En la figura 3 se muestra el valor de la aceleración ponderada en frecuencia en cada uno de los ejes en función del tiempo. Todos los ensayos realizados en probetas de escayola o mortero de cemento tienen un aspecto muy similar al de la figura. Puede comprobarse como los mayores valores de aceleración se producen en el eje z, que indica la dirección de avance del taladro percutor, mientras que en los otros dos ejes las aceleraciones son menores y muy similares entre sí.

Eje X



Eje Y



Eje Z

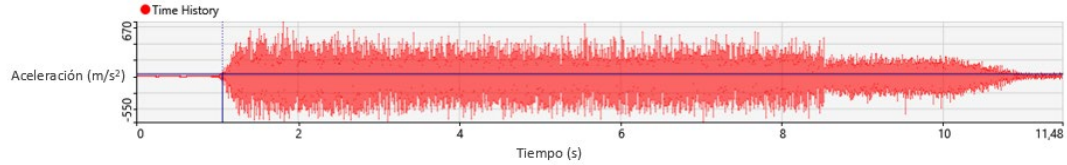


Figura 3. Valor de la aceleración ponderada en frecuencia en función del momento del ensayo

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en los ensayos realizados. En cada fila de la tabla se ofrecen los valores medios de los 4 ensayos realizados para cada tipo de ensayo. Se ha seguido un código en el cual el primer digito indica el material sobre el que se ha actuado: P para la escayola, C para el mortero de cemento, B para el ladrillo revestido de escayola; los dos siguientes indican el tipo de martillo utilizado H1 o H2. La columna 3 muestra los valores de la aceleración de pico, la columna 4 muestra el valor de rms, en la columna 5 se indica el factor de cresta, en la columna 6 el tiempo necesario para alcanzar el valor que da lugar a una acción y en la última columna el tiempo para alcanzar el valor límite.

Tabla 3. Resultados obtenidos en los ensayos

Ensayo	T (s)	a_p (m/s^2)	a_v (m/s^2)	CF	2,5 m/s^2 (h)	5 m/s^2 (h)
PH1	6,8	58,8	6,8	5,7	1,1	4,3
PH2	5,3	68,1	12,7	4,5	0,3	1,2
CH1	15,2	65,3	9,0	7,3	0,6	2,5
CH2	8,6	95,1	10,5	9,1	0,5	1,8
BH1	7,4	53,0	7,7	7,7	0,8	3,4
BH2	4,5	138,0	14,8	14,8	0,2	0,9

En dos de los seis ensayos realizados, el factor de cresta (CF) supera el valor de 9, lo que indica la presencia de impactos significativos durante la operación de taladrado. Según la norma ISO 5349, en estos casos el método basado únicamente en el valor rms puede subestimar el riesgo real de exposición, ya que no refleja adecuadamente la naturaleza impulsiva de las vibraciones. Esta circunstancia sugiere la necesidad de emplear métodos complementarios de evaluación más sensibles a los picos de aceleración, tales como el análisis del contenido espectral, el uso de métricas basadas en aceleración de pico-pico, o incluso técnicas de evaluación energética por impulsos. Además, esta situación plantea interrogantes sobre la idoneidad de los métodos actualmente normalizados para herramientas de impacto y subraya la importancia de considerar parámetros adicionales en la caracterización del riesgo vibratorio, especialmente en contextos constructivos reales donde las condiciones operativas pueden amplificar estos efectos. La elección de procedimientos más completos permitiría una valoración más precisa del riesgo y, por tanto, una mejor orientación para la adopción de medidas preventivas eficaces.

La Directiva 2002/44/CE toma como referencia la norma ISO 5349-1 y establece el valor límite de exposición a las vibraciones en 5 m/s^2 y el valor que da lugar a la toma de acciones en 2,5 m/s^2. Introduciendo en la ecuación 1 los valores de a_v obtenidos, se pueden obtener los tiempos que podría estar un trabajador usando estos taladros percutores para no superar los valores de referencia de la Directiva (tabla 3). Puede comprobarse que el tiempo necesario para alcanzar el valor que da lugar a una acción es muy bajo, inferior a 1 hora en 5 de los 6 casos estudiados, lo que implica el alto riesgo de este tipo de operaciones. Por otra parte, el tiempo para alcanzar el valor límite es inferior a 2 horas en 3 de las 6 situaciones ensayadas.

El valor de aceleración declarado por el fabricante para el segundo martillo (11 m/s^2) queda del lado de la inseguridad en los tres tipos de materiales/sistemas ensayados, donde se ha superado ampliamente este valor. Este hallazgo coincide con los resultados obtenidos por Rimell et al. (2008), quienes demostraron que las mediciones realizadas en condiciones simuladas de trabajo pueden arrojar valores de vibración significativamente superiores a los indicados por los fabricantes. Asimismo, Moschioni et al. (2011) pusieron de manifiesto la elevada variabilidad y las incertidumbres asociadas a las mediciones de vibración mano-brazo, subrayando la necesidad de considerar márgenes de seguridad más amplios y métodos de medición más representativos de las condiciones reales de uso. Los resultados de este estudio refuerzan dicha evidencia, mostrando que incluso en un entorno experimental controlado, las aceleraciones efectivas pueden exceder con creces los valores normativos y declarados, lo que implica un potencial subregistro del riesgo vibratorio en el ámbito laboral.

4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos y de su análisis, se pueden enumerar las siguientes conclusiones:

Los valores experimentales de aceleración registrados para el segundo taladro percutor (modelo H2) superaron el valor de 11 m/s^2 declarado por el fabricante en dos de los tres materiales analizados, lo que

evidencia que la información técnica proporcionada no refleja adecuadamente el riesgo real de exposición en condiciones de uso representativas del entorno constructivo.

En todos los escenarios de ensayo, los tiempos estimados para alcanzar el valor de acción (2,5 m/s²) fueron inferiores o muy próximos a una hora, lo que confirma el alto nivel de riesgo asociado a estas operaciones y subraya la necesidad de limitar su duración, mejorar los métodos de control y planificar pausas preventivas adecuadas.

En dos de los seis ensayos realizados, el factor de cresta superó el valor de 9, lo que indica la presencia de vibraciones impulsivas significativas. Según la norma ISO 5349, esta condición requiere considerar métodos de evaluación alternativos al cálculo basado exclusivamente en el valor rms, con el fin de no subestimar los efectos reales de exposición y garantizar una caracterización más precisa del riesgo vibratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bovenzi, M. (1998). Exposure-response relationship in the hand-arm vibration syndrome: an overview of current epidemiology research. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 71, 509–519. http://dx.doi.org/10.1007/s004200050316

Bovenzi, M., Pinto, I. & Picciolo, F. (2019). Risk assessment of vascular disorders by a supplementary hand–arm vascular weighting of hand-transmitted vibration. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 92, 129–139. https://doi.org/10.1007/s00420-018-1363-y

Burdorf, A. & Monster, A. (1991). Exposure to vibration and self-reported health complaints of riveters in the aircraft industry. *The Annals Occupational Hygiene, 35*(3), 287–298. https://doi.org/10.1093/annhyg/35.3.287

RG Dong, R. G., Sinsel, E. W., Welcome, D. E., Warren, C., Xu, X. S., McDowell, T. W. & Wu, J. Z. (2015). Review and evaluation of hand-arm coordinate systems for measuring vibration exposure, biodynamic responses and hand forces. *Safety and Health at Work, 6*(3) pp 159-173 (2015). https://doi.org/10.1016ç/j.shaw.2015.05.003

Gemne, G. (1997). Diagnostics of hand-arm system disorders in workers who use vibrating tools. *Occupational & Environmental Medicine, 54*(2), 90–95. https://doi.org/10.1136/oem.54.2.90

Griffin, M. J. (1990). *Handbook of Human Vibration*. Academic Press, London.

Heaver, C., Goonetilleke, K. S., Ferguson, H., & Shiralkar, S. (2011). Hand-Arm vibration syndrome: a common occupational hazard in industrializated countries. *Journal of Hand Surgery (European Volume), 36*(5), 354-363. https://doi.org/10.1177/1753193410396636

ILO. (2011). Hand-Transmitted Vibration. Encyclopaedia of Occupational Health & Safety. https://iloencyclopaedia.org/part-vi-16255/vibration/item/789-hand-transmitted-vibration

Maeda, S., Taylor, M. D., Anderson, L. C., & McLaughlin, J. (2019). Determination of hand- transmitted vibration risk on the human. *International Journal of Industrial Ergonomic*s, 70, 28-37. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.01.002

Mahbad, M. H., & Noriaki, H. (2011). Review of different Quantification Methods for the Diagnosis of Digital Vascular Abnormalities in Hand-Arm Vibration Syndrome. *Journal of Occupational Health, 53*(4), 241-249. https://doi.org/10.1539/joh.10-0030-ra

Malchaire, J., Piette, A. & Cock, N. (2001). Associations between hand-wrist musculoskeletal and sensorineural complaints and biomechanical and vibration work constraints. *The Annals of Occupational Hygiene, 45*, 479-491. https://doi.org/10.1016/s0003-4878(00)00084-3

Moschioni, G., Saggin, B., & Tarabini, M. (2011). Prediction of data variability in hand-arm vibration measurements. *Measurement, 44*(9), 1679-1690, 2011. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2011.06.022

NIOSH. (1983). *Current Intelligence Bulletin 38 – Vibration Syndrome*. Publication Number 83-110. https://www.cdc.gov/niosh/docs/83-110/

NIOSH (1997). Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors - a Critical Review of Epidemiological Evidence for Work-related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back. DHHS (NIOSH). Publication Number 97-141. https://www.cdc.gov/niosh/docs/97-141/default.html

Rimell, A. N., Notini, L., Mansfield, N. J., & Edwards, D. J. (2008). Variation between manufactures' declared vibration emission values and those measured under simulated workplace conditions for a range of hand-held power tools typically found in the construction industry. *International Journal Industrial Ergonomics, 38*(9), 661-675. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2007.10.023

Taylor, W. (1988). Biological effects of the hand-arm vibration syndrome: historical perspectives and current research. *Journal of Acoustics Society of America, 83*, 415-422. https://doi.org/10.1121/1.396191

Weier, M. H. (2020). The Association Between Occupational Exposure to Hand-Arm Vibration and Hearing Loss: A Systematic Literature Review. *Safety and Health at Work, 11*(3), 249-261. https://doi.org/10.1016/j.shaw.2020.04.003

Yu, Z. S., Chao, H., Qiao, L., Qian, D. S. & Ye, Y.H. (1986). Epidemiologic survey of vibration syndrome among riveters, chippers and grinders in the railroad system of the People's republic of China. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 12*(4), 289-292. https://doi.org/10.5271/sjweh.2150

EMPLEO DE BIOADHESIVO PARA LA ELABORACIÓN DE MADERA MICROLAMINADA: FABRICACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS

USE OF BIO-ADHESIVE IN THE MANUFACTURE OF LAMINATED VENEER LUMBER: PRODUCTION AND MECHANICAL PROPERTIES

Ana Cruz-Valdivieso*[(1)], Francisco J. Rescalvo[(1)], Yaiza Fuentes-García[(1)], Carlos Cruz[(1)], Javier Lafuente[(1)], Lois Denaud[(2)], Antolino Gallego[(1)]

[1] UIMA-Universidad de Granada, Carretera de Málaga, 172, 18015, Granada, España *anacru@ugr.es
[2] LaBoMaP, Arts Et Metiers Institute of Technology, HESAM Université, 71250 Cluny, Francia

RESUMEN

En este trabajo se recogen los resultados de fabricación y propiedades mecánicas a compresión y flexión de nuevos paneles de madera microlaminada estructural 100% ecológica hecha de chapa de chopo y adhesivo biológico y libre de formaldehídos procedente de la lignina de eucalipto. Se recoge un estudio de fabricación así como resultados sobre su comportamiento mecánico, demostrando que la lignina tiene capacidades adherentes notables con un control exhaustivo de la humedad. La reducción de la polaridad permitirá su uso a nivel estructural.

Palabras clave: *bioadhesivo, lignina, compresión, flexión, LVL*

ABSTRACT

This work presents the manufacturing process and the mechanical properties in compression and bending of new structural laminated veneer lumber (LVL) panels, made from poplar veneer and a 100% ecological, formaldehyde-free bio-adhesive derived from eucalyptus lignin. The study includes both the manufacturing process and the mechanical performance results, showing that lignin exhibits remarkable adhesive capacity when moisture is strictly controlled. Reducing its polarity will enable its use for structural applications.

Keywords: *bio-adhesive, lignin, compression, bending, LVL*

1. INTRODUCCIÓN

Según Architecture2030.org (https://www.architecture2030.org), los edificios generan alrededor del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero. A diferencia del resto de materiales, la madera absorbe CO2 para producir oxígeno, quedándose almacenado durante la vida útil del producto. A grandes rasgos, se diferencian dos grupos de productos de madera técnica: basados en madera aserrada y en chapa. Del primero se desarrollan productos como la madera laminada (GLT) o contralaminada (CLT). Del segundo, productos como la madera microlaminada (LVL).

El CLT ha permitido dar el salto en altura a la edificación con madera, pero con un crecimiento del 300% anual, ejerce presión sobre el recurso maderero. Por ello, el uso de especies de rápido crecimiento pueden permitir reducir dicha presión y valorizar esta madera. El LVL es un producto de alta resistencia con el mayor consumo de adhesivo para su elaboración (6% en peso frente al 3,5% de la madera laminada) (Hemmilä et al., 2017). Por ello, en este trabajo se estudia el uso de un bioadhesivo que sustituya el adhesivo químico empleado actualmente (Winandy & Morrell, 2027) (Hass et al., 2012). En concreto, un adhesivo desarrollado en colaboración con la empresa Betanzos HB, mezclando lignina de eucalipto y agua. En este trabajo se presentan los resultados de fabricación y propiedades mecánicas a compresión y flexión (plana y de canto).

Se observa que la lignina es altamente dependiente del contenido de humedad, aspecto clave para la evaluación de resultados.

2. METODOLOGÍA

2.1 Chapa de chopo

Para la elaboración de los paneles microlaminados, se empleó madera de chopo del clon I-214 de la Vega de Granada, comúnmente utilizado en la industria del contrachapado. Toda la madera se extrajo de la misma plantación, desenrollándose con un espesor de chapa de 2,8 mm y un largo de 900 mm. El desenrollo fue llevado a cabo en el laboratorio del grupo de LaBoMaP en la universidad de Arts et Métiers – Sciences et Technologies en Cluny (Francia). Toda la chapa fue secada en una cámara de secado bajo control de temperatura y humedad. Posteriormente se envió a la Unidad de Ingeniería de la Madera de Andalucía en Granada (España), donde se lleva a cabo la elaboración de paneles de madera microlaminada.

2.2 Bioadhesivo

El bioadhesivo empleado en la elaboración de paneles 100% ecológicos proviene de un residuo de la empresa Betanzos HB, la lignina. La lignina es un polímero orgánico que forma parte de la pared celular del tejido vascular de las plantas y las provee de rigidez estructural. Durante la evolución de estos organismos, la lignina fue la promotora de que las plantas alcanzaran altura, alejándose del suelo. Deja por tanto patente su importancia a nivel estructural y de adherencia en plantas y árboles.

Durante el proceso de densificación de sus tableros de eucalipto, se produce un excedente de lignina, la cual actualmente carece de valor comercial. Por ello, mezclando lignina con agua en ciertas proporciones se puede obtener un compuesto viscoso que puede ser aplicado como adhesivo 100% natural.

2.3 Adhesivo químico

Como adhesivo de control, se ha empleado un adhesivo químico de poliuretano estructural. En concreto, se ha usado el adhesivo PURBOND HB S709 de Loctite®. El rendimiento empleado ha sido de 180 g/m^2.

2.4 Elaboración de paneles microlaminados

La lignina ha presentado dos retos fundamentales en la elaboración de paneles microlaminados: 1) la variación de su viscosidad con respecto de su temperatura; 2) alta dependencia de la humedad de la lignina. Respecto de 1), se ha llevado a cabo un control exhaustivo de la temperatura del adhesivo en la elaboración de paneles mediante un baño termostático (Figura 1). Respecto de 2) se ha llevado a cabo un estudio detallado de la relación entre humedad de la lignina y capacidad adherente tanto durante el estudio de fabricación de paneles, así como en su relación con las propiedades mecánicas que se incluyen en el presente trabajo.

Teniendo en cuenta lo anterior, el trabajo se divide en dos fases: Fase 1) Fabricación y ensayos a compresión: Determinación de rendimiento y humedad óptima; Fase 2) Ensayos de línea de cola y flexión.

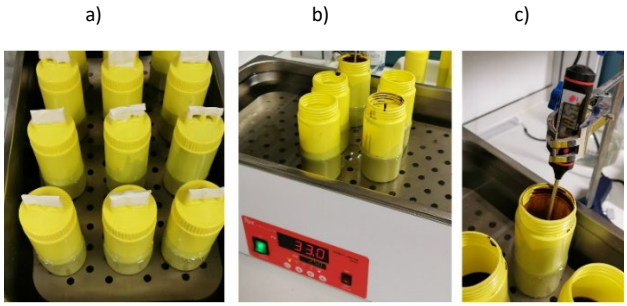


Figura 1. Control de temperatura de aplicación de la lignina mediante un baño termostático. a) Dosificadores de lignina: b) control de la temperatura del agua: c) control con termómetro digital de la temperatura real de la lignina.

Respecto de la Fase 1, la elaboración empleando lignina ha incluido los siguientes aspectos: 1) Trabajabilidad y aplicabilidad; 2) rendimiento o consumo (g/m^2): 3) tiempo de prensado; 4) temperatura de prensado; 5) tiempo de curado; y 6) consumo energético.

Para ambos adhesivos, se han elaborado paneles de 15 capas con un espesor total de 42 mm. Las dimensiones de panel han sido de 260 mm de ancho y 1100 mm de largo. Para el prensado se ha empleado una prensa de platos calientes de 6 cilindros ORMA MACHINE® NPC. De estos paneles se extrajeron probetas de compresión en dirección de la fibra de sección 42 x 42 mm y una longitud de 250 mm, siguiendo las indicaciones de la norma UNE-EN 408:2011. A efectos de comparativa y control, se elaboraron 2 paneles empleando el adhesivo tradicional de poliuretano (PUR) de la marca LOCTITE HB S709 PURBOND, extrayendo probetas de la misma dimensión que para el caso de la lignina.

Una vez se determinó la humedad y el rendimiento óptimo, para la Fase 2 se elaboraron 8 paneles, 4 empleando el adhesivo tradicional de poliuretano (PUR) y 4 empleando el bioadhesivo en base lignina (LIG) suministrado por la empresa Betanzos HB. En el caso del adhesivo PUR, se aplicó según indicaciones del fabricante con un rendimiento de 180 kg/m^2. En el caso de la lignina, basándose en estudios previos del grupo de investigación UIMA, se aplicó con un rendimiento de 500 g/m^2 y una temperatura de aplicación del adhesivo de 30 °C. En ambos casos, se aseguró que el tiempo de curado fuera suficiente para que el contenido de humedad del panel fuera inferior al 16%.

En el caso de las vigas a flexión, es necesario evaluar las diferentes propiedades mecánicas en dos direcciones de sección: viga plana o flatwise (FW-chapas horizontales) y viga de canto o edgewise (EW-chapas verticales). Se estableció una dimensión de viga de 52 x 52 mm^2 en sección y una longitud de 1040 mm. De cada panel se extrajeron 5 vigas, siendo ensayadas en FW o EW de forma alterna con el fin de evitar posibles efectos locales del panel en los resultados mecánicos.

2.5 Ensayos mecánicos

En ambos casos, los ensayos mecánicos se llevaron a cabo utilizando una máquina de ensayos universal del fabricante MICROTEST®, modelo EM2/200, equipada con un actuador eléctrico con capacidad máxima de 200 kN. Para el ensayo de compresión, se estableció un control de posición con una velocidad de 0,7 mm/min.

En el caso de las vigas a flexión a 4 puntos, en primer lugar, se realizaron ensayos no destructivos empleando el método de resonancia (Rescalvo et al., 2020), obteniendo el módulo de elasticidad dinámico (MoE_{din}) y posteriormente ensayos a flexión a 4 puntos (Figura 2-b) según la norma UNE-EN 408:2011 para obtener la tensión máxima de rotura y el módulo de elasticidad estático (MoE_{est}). El ensayo se llevó a cabo por control de posición con una velocidad de 9 mm/min.

a) b)



Figura 2. Imagen de ensayos en máquina multiensayos. a) Ensayo a compresión con bioadhesivo. b) Ensayo a flexión a 4 puntos en posición plana o FW con bioadhesivo

3. RESULTADOS

En primer lugar, se presentan los resultados de la Fase 1. En concreto, el estudio de calidad del proceso de elaboración para el cual se han estudiado los parámetros descritos en el Apartado 2.4. La Figura 3 muestra el análisis de contenido de humedad sobre un panel con los parámetros de fabricación descritos en la Tabla 1. Además, se recoge un ejemplo de fabricación con adhesivo tradicional.

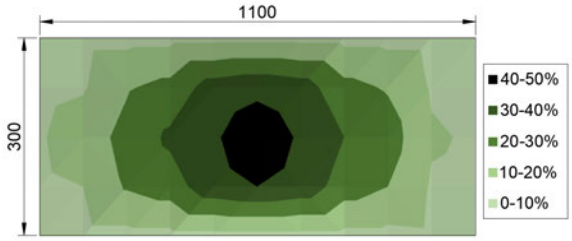


Figura 3. Valores de humedad del panel descrito en la Tabla 1 (1 día de curado). Medidas tomadas cada 100 mm en largo y ancho y en el centro de la sección. Dimensiones en mm

Tabla 1. Parámetros de fabricación de un panel con lignina frente al adhesivo tradicional

Tipo de adhesivo	Número de capas	Consumo (g/m²)	Temperatura de aplicación (°C)	Temperatura de prensado (°C)	Tiempo de prensado (h)	Tiempo de curado (días)
Lignina	15	700	35	105	48	1
Tradicional	15	200	T. ambiente	T. ambiente	4	1

Se ha comprobado que la lignina adquiere capacidad adherente por debajo del 18% de humedad. La Figura 3 muestra sin lugar a dudas como únicamente las partes externas del panel se encuentran bajo dicho valor. Esto conlleva a una deslaminación del panel durante su mecanizado. Este estudio ha permitido establecer el tiempo de curado óptimo para que todo el panel se encuentre por debajo del citado 18% de humedad.

Por último, en la Fase 1, la Figura 4 muestra los resultados de resistencia a compresión de madera microlaminada elaborada con adhesivo de poliuretano y con lignina a diferentes contenidos de humedad (siempre por debajo del 18%). En el caso de la lignina, se observa una excelente relación entre humedad y resistencia, alcanzado valores medios similares al adhesivo tradicional cuando su contenido de humedad se encuentra por debajo del 12%.

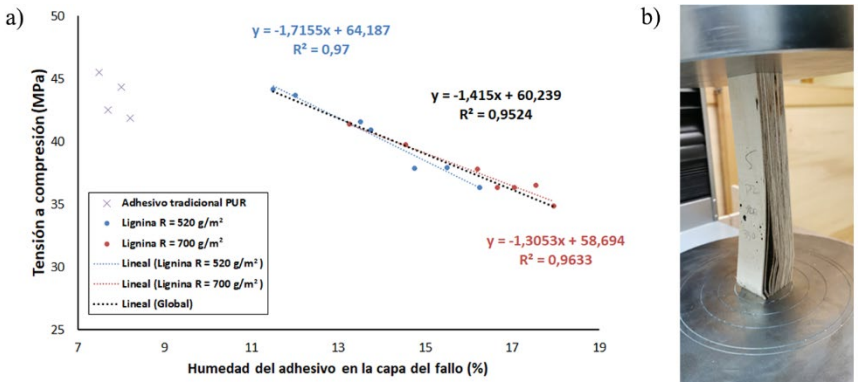


Figura 4. a) Resistencia a compresión frente al contenido de humedad del adhesivo en la capa de fallo. b) ejemplo de fallo a compresión

La Tabla 2 presenta los valores promedio y desviación estándar de las diferentes propiedades obtenidas. En este caso y según los resultados previos, se aseguró que el contenido de humedad de la línea de cola se encontrara por debajo del 18%. La Figura 5 muestra la relación carga-desplazamiento para los distintos casos.

Tabla 2. Nomenclatura y principales propiedades obtenidas. Valores promedio ± desviación estándar.

Nomenclatura	Humedad [%]	Tensión máx. [Mpa]	MoE_{din} [Mpa]	MoE_{est} [Mpa]
PUR-FW	8±3	68±6	9562±218	9506±617
LIG-FW	14±3	40±7	11345±350	10369±455
PUR-EW	9±2	69±5	9551±300	9635±494
LIG-EW	11±3	56±8	10879±485	9868±787

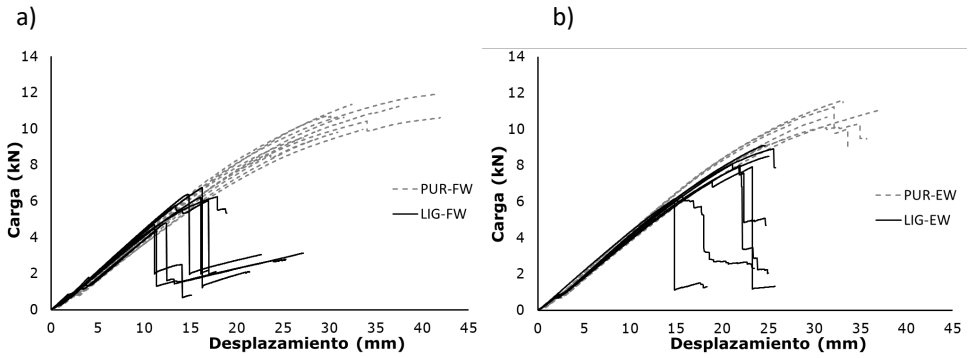


Figura 5. Relación carga-desplazamiento de LVL a flexión a 4 puntos. a) Plana o Flatwise. b) Canto o Edgewise. PUR: Poliuretano. LIG: Lignina

Como se observa en la Figura 5 y Tabla 1, en general las vigas elaboradas con lignina obtienen menor resistencia a flexión que las elaboradas con adhesivo PUR, en línea con lo observado en ensayos similares con adhesivos lignocelulósicos (Gavrilović Grmuša, et al., 2026). Este efecto se acentúa en la posición plana o FW, con un descenso de la resistencia de un 41%, debido a que el cortante en la línea neutra es más crítico. Como se observó en el ensayo de calidad del encolado, la lignina alcanza 3 MPa a cortante fallando por adhesivo (frente a los 5 MPa del adhesivo PUR fallando por madera). Al colocar la viga de canto, esta reducción de la resistencia es del 19%, produciéndose una adecuada rotura por madera a tracción. Respecto de la rigidez, se observan buenas correlaciones entre los módulos elásticos dinámicos (no destructivo) y estáticos (destructivo), con variaciones por debajo del 10%. Comparando ambos adhesivos, estadísticamente no se presentan diferencias en cuanto a su módulo de elasticidad más allá de la variación propia de la madera.

Observando el comportamiento mecánico (Figura 5), cabe destacar que las vigas elaboradas con lignina, aún con menor resistencia, presentan un comportamiento de fallo dúctil frente a la rotura frágil que se observa en las vigas PUR. Este fallo se observa en que la rotura no se produce de forma súbita, sino que el fallo se produce de forma escalonada. Tras dichos escalones las vigas con lignina presentan un tramo con resistencia constante en torno a 5 mm de media, aspecto importante en términos de seguridad.

4. CONCLUSIONES

Se concluye que el bioadhesivo en base lignina representa una alternativa viable y más sostenible al adhesivo PUR para aplicaciones no estructurales o con demandas moderadas, siendo especialmente relevante en el contexto actual de descarbonización y economía circular en el sector de la construcción con madera. La solución al problema de la polaridad de la lignina podría hacer que esta mejorara en términos de adherencia y por ende, en términos de comportamiento a compresión y flexión.

En los ensayos de calidad del encolado, la lignina presentó una única fase de deformación, con rotura mayoritariamente en el plano adhesivo. Esto indica una buena capacidad de adherencia, aunque su resistencia última a cortante es inferior a la del substrato lignocelulósico, lo que limita su desempeño en situaciones críticas de esfuerzo transversal.

En los ensayos a flexión a cuatro puntos, las vigas elaboradas con bioadhesivo en base lignina mostraron reducciones de resistencia mecánica respecto al PUR siendo esta última menos sensible por la distribución del esfuerzo de cortante fuera de la línea neutra. Sin embargo, el comportamiento mecánico de las vigas con lignina mostró un fallo progresivo y dúctil, en contraste con la rotura frágil observada en las vigas PUR, lo que podría suponer una ventaja en aplicaciones donde se priorice la seguridad estructural frente a fallos abruptos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gavrilović-Grmuša, I.; Dunky, M.; Djiporović-Momčilović, M.; Popović, Z. Influence of pressure on the radial and tangential penetration of adhesive resin into poplar wood and on the shear strength of adhesive joints. BioResources 2016, 11(1), 2238–2255. https://doi.org/10.15376/biores.11.1.2238-2255

Ghorbani, M; Liebner, F.; van Herwijnen, H.W.G.; Solt, P.; Konnerth, J. Ligneous resole adhesives for exterior grade plywood. Eur. J. Wood Wood Prod. 2018, 75, 809–820. https://doi.org/10.1007/s00107-017-1249-9

Hass, P.; Wittel, F.K.; Mendoza, M.; Herrmann, H.J.; Niemz, P. Adhesive penetration in beech wood Part I: Experiments. Wood Sci. and Tech. 2012, 46, 243-256. https://doi.org/10.1007/s00226-011-0410-6

Hemmilä V.; Adamopoulos, S.; Karlsson, O.; Kumar A. Development of sustainable bio-adhesives for engineered wood panels – A review. RSC Adv. 2017, 7, 385–433. https://doi.org/10.1039/c7ra06598

https://www.architecture2030.org/old-why-the-built-environment/. Último acceso: 09/09/2025

Rescalvo, F.J.; Duriot, R.; Pot, G.; Gallego, A.; Denaud, L. Enhancement of bending properties of Douglas-fir and poplar laminate veneer lumber (LVL) beams with carbon and basalt fibers reinforcement. Constr. Build. Mater. 2020, 254, 120185. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120185

UNE-EN 408:2011. Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. AENOR

UNE-EN 14374:2005. Estructuras de madera. Madera microlaminada (LVL). Requisitos. AENOR

Winandy, J.E.; Morrell J.J. Improving the utility, performance, and durability of wood- and bio-based composites. Ann. For. Sci. 2017, 74, 29. https://doi.org/10.1007/s13595-017-0625-2

MONITORIZACIÓN DEL MOVIMIENTO HORIZONTAL DE LA CÚSPIDE DE UNA AGUJA DE LA CATEDRAL DE BURGOS MEDIANTE UN SISTEMA LÁSER COMBINADO CON VISIÓN ARTIFICIAL

MONITORING THE HORIZONTAL MOVEMENT OF THE TIP OF A SPIRE OF BURGOS CATHEDRAL USING A LASER-BASED SYSTEM COMBINED WITH COMPUTER VISION

Álvaro Mena Alonso[(1)], Jesús Mínguez Algarra[(2)], Dorys C. González Cabrera[(3)], Miguel A. Vicente Cabrera[(4)]

[1] Universidad de Burgos, Burgos, España, amena@ubu.es
[2] Universidad de Burgos, Burgos, España, jminguez@ubu.es
[3] Universidad de Burgos, Burgos, España, dgonzalez@ubu.es
[4] Universidad de Burgos, Burgos, España, mvicente@ubu.es

RESUMEN

La monitorización de estructuras esbeltas singulares puede simplificarse si se controla un parámetro global: el desplazamiento horizontal de la cúspide. Este trabajo presenta y valida un sensor de visión artificial, llamado transductor de desplazamiento mediante láser y vídeo (LVBDT), que combina un emisor láser fijo con una cámara y un panel translúcido en el punto móvil, permitiendo una adquisición continua, robusta y de bajo coste. El sistema se instaló en la aguja sur de la Catedral de Santa María de Burgos para registrar, durante aproximadamente un año, los movimientos horizontales de su cúspide y contrastarlos con sensores convencionales.

La configuración consiste en un láser en la base de la aguja y, en la coronación, una cámara orientada a un panel con dos LED de referencia separados una cierta distancia. El procesamiento incluye la binarización de las imágenes, la localización centroides y la aplicación de un factor de escala. La campaña incluyó medidas intermitentes en 2020–2021 y dos episodios meteorológicos representativos.

Los resultados muestran que la aguja experimenta oscilaciones diarias predominantemente noroeste–sureste inducidas por temperatura, con amplitudes horizontales de hasta 4 mm. El LVBDT registró con alta sensibilidad los movimientos lentos de baja frecuencia y variaciones nocturnas que el inclinómetro apenas detectó. En cambio, las vibraciones de alta frecuencia y pequeña amplitud asociadas al viento no quedaron representadas en los desplazamientos medidos. Estos resultados confirman el potencial del LVBDT como alternativa eficaz y económica para la monitorización estructural en edificios históricos, especialmente en construcciones donde el acceso, la instalación de equipos pesados o el impacto visual deben minimizarse. Se concluye que el LVBDT es especialmente adecuado para el seguimiento continuo, remoto y preciso de movimientos horizontales cuasiestáticos en torres de valor patrimonial y otras estructuras esbeltas.

Palabras clave: *sensor de desplazamiento, visión artificial, monitorización de la salud estructural, patrimonio histórico.*

ABSTRACT

Monitoring slender, singular structures can be simplified by tracking a single global parameter: the horizontal displacement of the tip. This paper presents and validates a computer vision sensor, the laser-and-video displacement transducer (LVBDT), which combines a fixed laser emitter with a camera and a translucent panel at the moving point, enabling continuous, robust, and low-cost data acquisition. The system was

installed on the south spire of the Cathedral of Santa María de Burgos to record, over approximately one year, the horizontal movements of its tip and compare them with conventional sensors.

The setup consists of a laser at the base of the spire and, at the top, a camera aimed at a panel with two reference LEDs separated by a known distance. Processing includes image binarization, centroid localization, and application of a scale factor. The campaign comprised intermittent measurements in 2020–2021 and two representative weather episodes.

Results show that the spire undergoes daily oscillations predominantly along a northwest–southeast direction induced by temperature, with horizontal amplitudes up to 4 mm. The LVBDT captured low-frequency, slow movements with high sensitivity and nighttime variations that the inclinometer barely detected. In contrast, high-frequency, small-amplitude vibrations associated with wind were not reflected in the measured displacements. These results confirm the potential of the LVBDT as an effective and cost-efficient alternative for structural monitoring in historic buildings, particularly in structures where access, the installation of heavy equipment, or visual impact must be minimized. We conclude that the LVBDT is particularly well-suited for continuous, remote, and precise monitoring of quasi-static horizontal movements in heritage towers and other slender structures.

Keywords: *displacement sensor, computer vision, structural health monitoring, cultural heritage.*

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales retos en construcciones singulares, como presas, puentes o edificios históricos, es la implementación de un mantenimiento adecuado. Ello permite conservar la funcionalidad de las estructuras en condiciones seguras para los usuarios. Además, se realizan las labores de conservación en el momento óptimo, evitando daños estructurales más severos, que en estos casos suelen conllevar costes de reparación muy elevados.

Una de las estrategias más habituales para planificar el mantenimiento de estructuras es la monitorización. Mediante una red de sensores de todo tipo (galgas extensométricas, células de carga, acelerómetros, inclinómetros, etc.) es posible conocer la salud estructural de un edificio en un instante dado. De este modo, pueden detectarse zonas de debilidad en las que sea necesario acometer trabajos de mantenimiento preventivo.

No obstante, la monitorización de estructuras entraña serias dificultades. En primer lugar, cuanto más compleja es la construcción, más extensa será la red de sensores. En estructuras singulares, el número de puntos de control puede ser muy elevado, lo que dificulta en gran medida el análisis e interpretación de los datos. En ocasiones, ello conduce a descartar la idea de monitorizar la estructura (Acikgoz et al., 2017; Blanco et al., 2018; Ferraioli et al., 2020; Gentile et al., 2015). En segundo lugar, resulta muy interesante que los sensores sean permanentes, de modo que recojan datos de forma continua y no solo en momentos puntuales. Esto facilita la detección de procesos de degradación estructural, como asientos diferenciales, etc. Además, también es muy útil disponer de los datos en un ordenador con acceso remoto en línea, evitando desplazamientos. Sin embargo, en la mayoría de los casos la configuración de los sensores no permite esta posibilidad y se recurre a mediciones in situ ocasionales, lo que se traduce en una monitorización más imprecisa y sesgada. Por último, la red de sensores debe ser capaz de resistir inclemencias meteorológicas o actos vandálicos, entre otros.

En el caso de estructuras con elementos verticales altos y esbeltos, como pilas de viaducto, chimeneas o campanarios de iglesias, la monitorización puede simplificarse notablemente. Ello se debe a que, por lo general, un porcentaje elevado de patologías estructurales que pueden comprometer la estabilidad global del edificio se manifiesta en movimientos horizontales en la coronación de dichos elementos verticales. Por ejemplo, un asiento diferencial en la cimentación o un deslizamiento del terreno provoca la rotación de las pilas o torres y, por tanto, un desplazamiento horizontal de su coronación (Ferrante et al., 2019; Gilchrist, 2001; Kouris et al., 2021; Micelli et al., 2020; Preciado et al., 2015). En consecuencia, la salud estructural de este tipo de construcciones, al menos a nivel global, puede monitorizarse mediante un único parámetro.

Existen numerosos sensores en el mercado capaces de medir movimientos, tales como distanciómetros láser, transductores de desplazamiento, estaciones totales, sensores basados en GPS, etc. Sin embargo, apenas ninguno satisface todos los requisitos necesarios para monitorizar estructuras singulares. Algunos de estos requisitos ya se han mencionado, como la robustez, la capacidad de adquisición continua de datos o el

acceso remoto a la información. Otros son la precisión, la fiabilidad, el bajo coste y el bajo impacto. Este último resulta especialmente importante en el caso de edificios de patrimonio cultural.

Además de los sensores citados, cabe destacar los basados en visión artificial. Esta tecnología ha experimentado un notable desarrollo en los últimos años, impulsado por el rápido incremento de la resolución de las cámaras digitales, así como de la velocidad de procesamiento de los ordenadores. En la actualidad, existen soluciones capaces de medir y analizar imágenes de forma continua y en tiempo real (Brownjohn et al., 2017; Feng & Feng, 2016; Schumacher & Shariati, 2013; Spencer et al., 2019; Ye et al., 2016). Esto las hace muy competitivas frente a las soluciones tradicionales. De hecho, en el ámbito de la monitorización estructural, pueden cumplir todos o casi todos los requisitos antes mencionados.

Dentro de este tipo de sensores, cabe señalar el sistema desarrollado por Vicente y colaboradores (Brown et al., 2021; Vicente et al., 2018), denominado transductor de desplazamiento basado en láser y vídeo (LVBDT, por sus siglas en inglés). Tal y como se muestra en la Figura 1, se trata de un sensor compuesto por una parte fija (un emisor láser) y una parte móvil (una cámara de vídeo y un panel de medida). Esta última se ubica en el punto cuyo movimiento se desea medir, mientras que la primera se sitúa en una posición permanente e independiente de la estructura. Hasta la fecha, el sistema se ha ensayado con éxito en varios puentes y en un edificio. No obstante, su eficacia no se ha evaluado nunca en un entorno real durante largos periodos de monitorización.

Este artículo describe un ensayo de medida del sensor LVBDT, consistente en la monitorización de la aguja sur de la Catedral de Santa María de Burgos (España). La elección de esta localización obedece a la idoneidad de la estructura, caracterizada por dos agujas altas y esbeltas, y al creciente interés por la conservación del patrimonio. Las pruebas se han llevado a cabo de forma intermitente durante aproximadamente un año.

El documento se estructura como sigue. La Sección 2 describe el sensor LVBDT. La Sección 3 presenta la campaña experimental, incluyendo la descripción del edificio y de los sensores adicionales. La Sección 4 muestra y discute los resultados obtenidos durante dos episodios meteorológicos. Finalmente, la Sección 5 recoge las conclusiones.

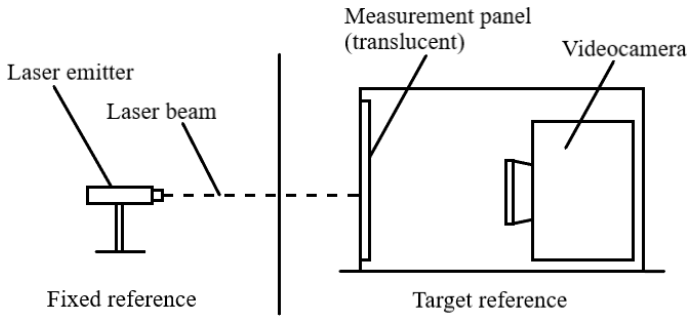


Figura 1. Transductor de desplazamiento basado en láser y vídeo (LVBDT) (Vicente et al., 2018): parte fija (izquierda) y parte móvil (derecha).

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es evaluar la capacidad del transductor de desplazamiento mediante láser y vídeo (LVBDT) para monitorizar de forma precisa y continua los movimientos horizontales en estructuras esbeltas de valor patrimonial. Concretamente, se pretende analizar su comportamiento en un entorno real sometido a variaciones térmicas y de viento, comparando sus resultados con los obtenidos mediante sensores convencionales.

De manera específica, se persiguen los siguientes objetivos parciales:

1. Describir la configuración y el principio de funcionamiento del sensor LVBDT, adaptado para la monitorización a largo plazo.
2. Instalar y poner en servicio el sistema en la aguja sur de la Catedral de Santa María de Burgos, seleccionada como caso de estudio representativo por su geometría, esbeltez y relevancia patrimonial.

3. Registrar y analizar los desplazamientos horizontales en la cúspide durante distintos episodios meteorológicos, identificando las causas dominantes de movimiento.
4. Comparar los registros del LVBDT con los obtenidos mediante un inclinómetro y otros sensores convencionales, evaluando su precisión, robustez y sensibilidad.

Con ello, se busca validar el LVBDT como una alternativa fiable, económica y de bajo impacto para la monitorización estructural en construcciones históricas y otras estructuras singulares.

3. DESCRIPCIÓN DEL SENSOR

El sensor utilizado es una adaptación del descrito en Brown et al., 2021 y Vicente et al., 2018. Su parte fija consta de un único láser, modelo FP-LR-250-25-C-F fabricado por Laser Components GmbH (Olching, Alemania) (Figura 2.a). Se trata de un emisor láser verde con una longitud de onda de 520 nm y una potencia de salida de 25 mW. El láser se fija a la base de la aguja mediante un soporte de precisión.

Por otro lado, la parte móvil dispone de dos componentes principales. En primer lugar, una cámara de vídeo Logitech Brio 4K (Lausana, Suiza) capaz de alcanzar resolución 4K y una velocidad de captura de 30 fps. En segundo lugar, un panel translúcido de 85×85 mm sobre el que incide la luz del láser y que es registrado permanentemente por la cámara. En la cara interior del panel se disponen dos LED rojos separados 100 mm, que se emplean para definir una dirección de referencia y un factor de escala en la medida de desplazamientos.

La cámara de vídeo y el panel se protegen en el interior de una caja de plástico, fabricada mediante impresión 3D y específicamente diseñada para este fin. Como puede apreciarse en la Figura 2.b, el conjunto se ubica en la parte superior de la aguja de la catedral.

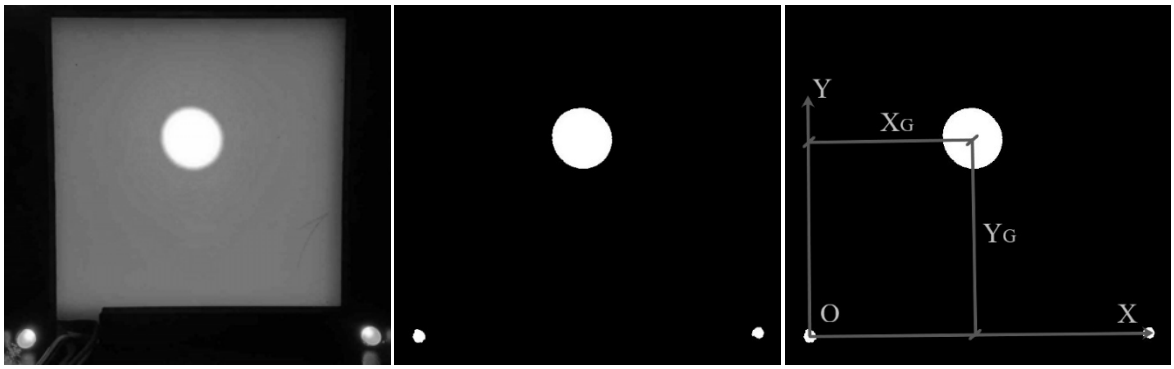
La cámara se conecta a un ordenador que analiza las imágenes en tiempo real. Para ello, se ha implementado una rutina utilizando MATLAB (MathWorks, Natick, Massachusetts, EE. UU.).



(a) (b)

Figura 2. Sistema LVBDT: (a) Emisor láser, (b) caja que contiene la cámara y el panel traslúcido.

La Figura 3 muestra el procedimiento seguido por el algoritmo. En primer lugar, las imágenes se corrigen con los parámetros de calibración de la cámara, previamente obtenidos siguiendo un proceso similar al descrito en Brown et al., 2021. En segundo lugar, las imágenes RGB se transforman a escala de grises y se realiza un proceso de binarización; esto es, los píxeles cuyo valor de gris está por debajo de un umbral se consideran “fondo” (negro) y aquellos con un valor de gris superior se consideran “fuentes de luz” (blanco). De este modo, se discretizan el láser verde y los dos LED de referencia. En este caso, considerando que se trabaja con imágenes de 16 bits (rango de grises 0–65535), el valor umbral se ha fijado en 190. En tercer lugar, se calculan las coordenadas (medidas en píxeles) de los centroides de las tres fuentes de luz, estableciendo uno de los LED como origen de coordenadas y tomando como eje X la recta que une ambos LED. Finalmente, se aplica el factor de escala para obtener las coordenadas del punto láser en mm. Este proceso se repite para cada fotograma a una velocidad de 5 Hz.



(a) (b) (c)

Figura 3. Procedimiento del algoritmo: (a) imagen en escala de grises, (b) binarización, (c) obtención de las coordenadas del punto láser.

4. CAMPAÑA EXPERIMENTAL

4.1 La Catedral de Burgos

La Catedral de Santa María de Burgos (Burgos, España) es un templo católico considerado uno de los mejores ejemplos de la arquitectura gótica en Europa. Su construcción comenzó en 1221 y se prolongó durante aproximadamente 500 años. En 1984 fue declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO y en 2021 se conmemoró el octavo centenario del inicio de su construcción.

Los elementos arquitectónicos más destacados de la catedral son su cimborrio (torre sobre el crucero) y la fachada de Santa María, dominada por dos torres de 84 metros de altura (Figura 4). Las torres están coronadas por agujas de 20 metros, datadas en el siglo XV y diseñadas por el arquitecto alemán Johannes von Köln (Colonia, Alemania, 1410 – Burgos, España, 1481).

Dado el excelente estado de conservación de la catedral en general y de las agujas en particular, se trata de un emplazamiento muy adecuado para evaluar el rendimiento del sensor LVBDT. Durante los años 2020 y 2021, el sensor midió de forma intermitente los desplazamientos horizontales de la aguja sur de la catedral.



Figura 4. Vista general de la Catedral de Burgos, con la torre sur a la izquierda.

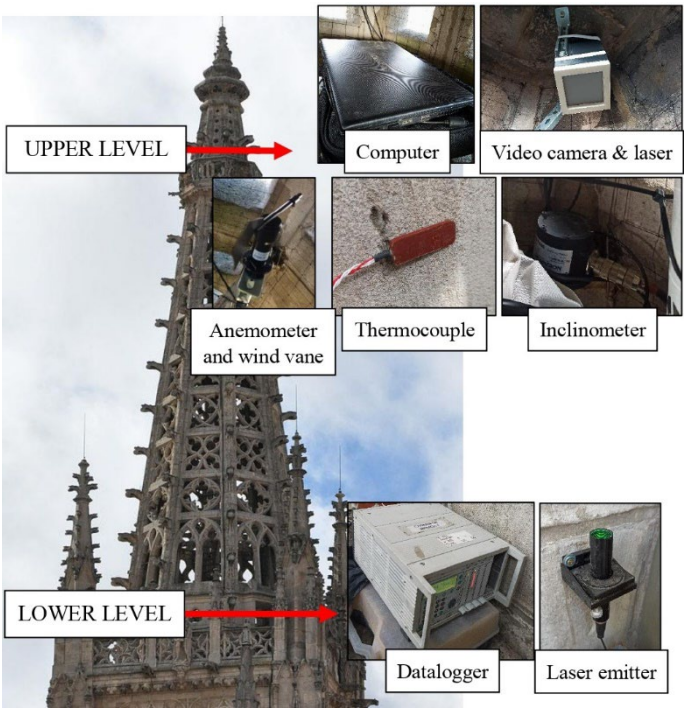


Figura 5. Esquema general de los sensores y dispositivos instalados en la aguja.

4.2 Equipo de medida

El sensor LVBDT descrito anteriormente se instaló en el interior de la aguja sur para medir los desplazamientos horizontales de su coronación. El emisor láser se colocó en la base, mientras que la caja que alberga el panel y la cámara se situó en la parte superior. La distancia aproximada entre el láser y el panel es de 22,2 m.

Además, se instalaron sensores convencionales en la parte superior de la aguja. Con el fin de medir los parámetros meteorológicos más relevantes, se dispusieron un termopar PT100 y un anemómetro con veleta. También se instaló un inclinómetro biaxial modelo PST300 de Pewatron AG (Zúrich, Suiza), con un rango de medida de ±5° y una exactitud absoluta de ±0,01°.

Los sensores convencionales se conectaron a un registrador de datos HBM MGC Plus (Darmstadt, Alemania) y a un ordenador. La cámara de vídeo del sensor LVBDT se conectó al mismo ordenador, de modo que los movimientos de la aguja también pudieron monitorizarse en tiempo real. En la Figura 5 se muestra un esquema con la ubicación del equipo de medida en la aguja sur.

4.3 Episodios meteorológicos medidos

Tanto el sensor LVBDT como los sensores convencionales realizaron mediciones de forma intermitente durante los años 2020 y 2021. Se llevaron a cabo campañas cortas, de varios días de duración, y campañas de larga duración, de varios meses. En este periodo se monitorizaron algunos episodios meteorológicos especialmente interesantes, entre ellos:

1. Episodio de variación térmica. Durante los días 29, 30 y 31 de marzo de 2021 se observaron oscilaciones térmicas significativas entre el día y la noche, alcanzando los 10 °C.
2. Temporal de viento. Los días 20 y 21 de noviembre de 2020 se registró un temporal con rachas cercanas a 60 km/h.

Todos los sensores instalados en el interior de la aguja registraron estos episodios. La frecuencia de adquisición de datos del sensor LVBDT fue de 5 Hz, mientras que la de los sensores convencionales fue de 20 Hz.

5. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante los dos episodios meteorológicos. Además, se evalúa el rendimiento del sensor LVBDT considerando los datos procedentes de los sensores convencionales.

5.1 Episodio de variación térmica

Los días 29, 30 y 31 de marzo de 2021 se produjeron oscilaciones térmicas significativas. La Figura 6 muestra las mediciones de todos los sensores instalados en la aguja durante este periodo.

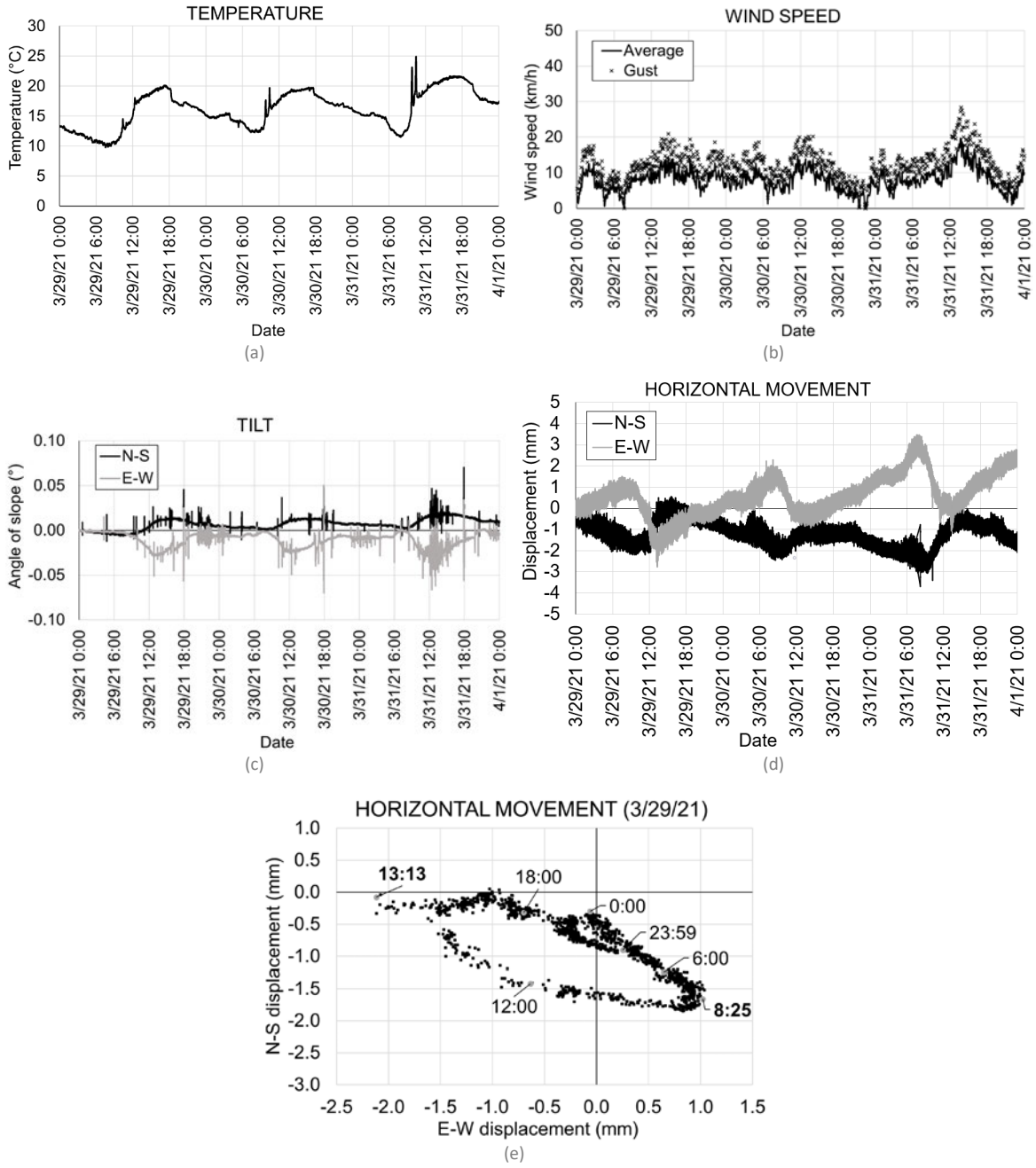


Figura 6. Registros medidos durante el episodio de variación térmica: (a) temperatura, (b) velocidad del viento, (c) inclinación, (d) desplazamiento horizontal y (e) desplazamiento horizontal según los ejes cardinales el 29 de marzo.

La Figura 6.a muestra que la oscilación térmica diaria, definida como la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima a lo largo de un día, fue aproximadamente de 10 °C durante el periodo estudiado. Los días

30 y 31 de marzo se observaron picos de temperatura excepcionales en torno a las 10 AM. Estos se deben a la incidencia directa de la radiación solar sobre el termopar y, por tanto, constituyen valores atípicos que no se han considerado en el análisis de datos.

La Figura 6.b revela que el viento fue flojo durante los tres días, con una velocidad media siempre por debajo de 20 km/h y rachas máximas cercanas a 30 km/h. Por consiguiente, cabe esperar que el viento no tenga un impacto significativo en las mediciones del sensor LVBDT.

La Figura 6.c muestra las inclinaciones en la coronación de la aguja. Las mayores velocidades de giro se producen entre las 8 AM y las 12 PM, alcanzando valores máximos de 0,05° hacia el oeste y 0,03° hacia el norte. Por tanto, durante este intervalo la aguja se inclina hacia el noroeste. No obstante, a lo largo del resto del día esta tendencia se invierte y la aguja retorna a su posición inicial. Comparando las Figuras 6.c y 6.a, se concluye que las inclinaciones de la aguja tienen un claro origen térmico.

La Figura 6.d representa los desplazamientos horizontales en la coronación registrados por el sensor LVBDT. De nuevo se aprecia que las rotaciones de la aguja están influidas por las variaciones térmicas, pues la gráfica es casi homotética a la de la Figura 6.a. Los incrementos de desplazamiento más acusados se producen entre las 8 AM y las 12 PM, con valores máximos del orden de 4 mm hacia el oeste y unos 2 mm hacia el norte. En consecuencia, tal y como indican los datos del inclinómetro, durante ese periodo la aguja se inclina hacia el noroeste. Sin embargo, existe una diferencia muy significativa entre ambos sensores: mientras que el inclinómetro apenas detecta las rotaciones de la aguja durante la noche (de 9 PM a 6 AM), el LVBDT sí es capaz de hacerlo, lo que evidencia una elevada sensibilidad en dichas circunstancias.

Para una mejor comprensión de la rotación diaria de la coronación, la Figura 6.e representa este movimiento en función de los ejes cardinales durante el 29 de marzo. Los resultados confirman que la aguja se inclina predominantemente según una dirección noroeste-sureste. Además, la inclinación hacia el noroeste se produce durante el periodo de mayor radiación solar; en este caso, entre las 8:25 AM y las 1:13 PM. Durante esas horas se registra el mayor incremento de temperatura (Figura 6.a). Por el contrario, la inclinación hacia el sureste se recupera durante el resto del día, coincidiendo con el descenso térmico.

5.2 Temporal de viento

La tarde del 20 de noviembre de 2020 y durante el día siguiente tuvo lugar un temporal de viento. La Figura 7 presenta los registros de todos los sensores instalados en la aguja de la catedral.

La Figura 7.b muestra que las rachas más intensas se produjeron la tarde del 20 de noviembre de 2020. En concreto, la velocidad media de racha fue de alrededor de 50 km/h, alcanzando un valor máximo de 58,4 km/h a las 6:04 PM. La intensidad del viento disminuyó progresivamente durante la noche, y el 21 de noviembre fue menos ventoso. Por otro lado, las temperaturas se mantuvieron bastante constantes en ambos días, con una oscilación térmica diaria de solo 4,7 °C el 21 de noviembre (Figura 7.a). Esto permite estudiar el efecto de la acción del viento sobre los movimientos de la aguja, al ser predominante frente a las variaciones térmicas.

La Figura 7.c muestra las inclinaciones en la coronación. Se observa que las mayores oscilaciones coinciden con los periodos de mayor viento. Se trata de vibraciones de alta frecuencia, sin una orientación dominante y con una amplitud aproximada, en términos de inclinación, de ±0,04°. Además, no se aprecia correlación entre la inclinación y la temperatura. Parece que las variaciones térmicas generan movimientos más lentos y continuos y, en este caso, la acción del viento enmascara ese fenómeno.

Por último, la Figura 7.d presenta los desplazamientos horizontales en la coronación registrados por el LVBDT. Se aprecia que las oscilaciones son pequeñas y que no existe correlación entre ellas y la velocidad del viento. En cambio, sí aparece correlación entre los movimientos de la aguja y las variaciones térmicas. De hecho, el desplazamiento más significativo se produce entre las 8 AM y las 11 AM del 21 de noviembre, coincidiendo con un incremento de temperatura (Figura 7.a). Durante ese intervalo, la aguja se inclinó hacia el noroeste, tal como se observó en el episodio de variación térmica.

En consecuencia, se concluye que el sensor LVBDT es capaz de registrar con precisión movimientos de baja o muy baja frecuencia, como los de origen térmico, reológico o por degradación estructural. En cambio, no detecta movimientos de alta frecuencia y pequeña amplitud, como los debidos al viento.

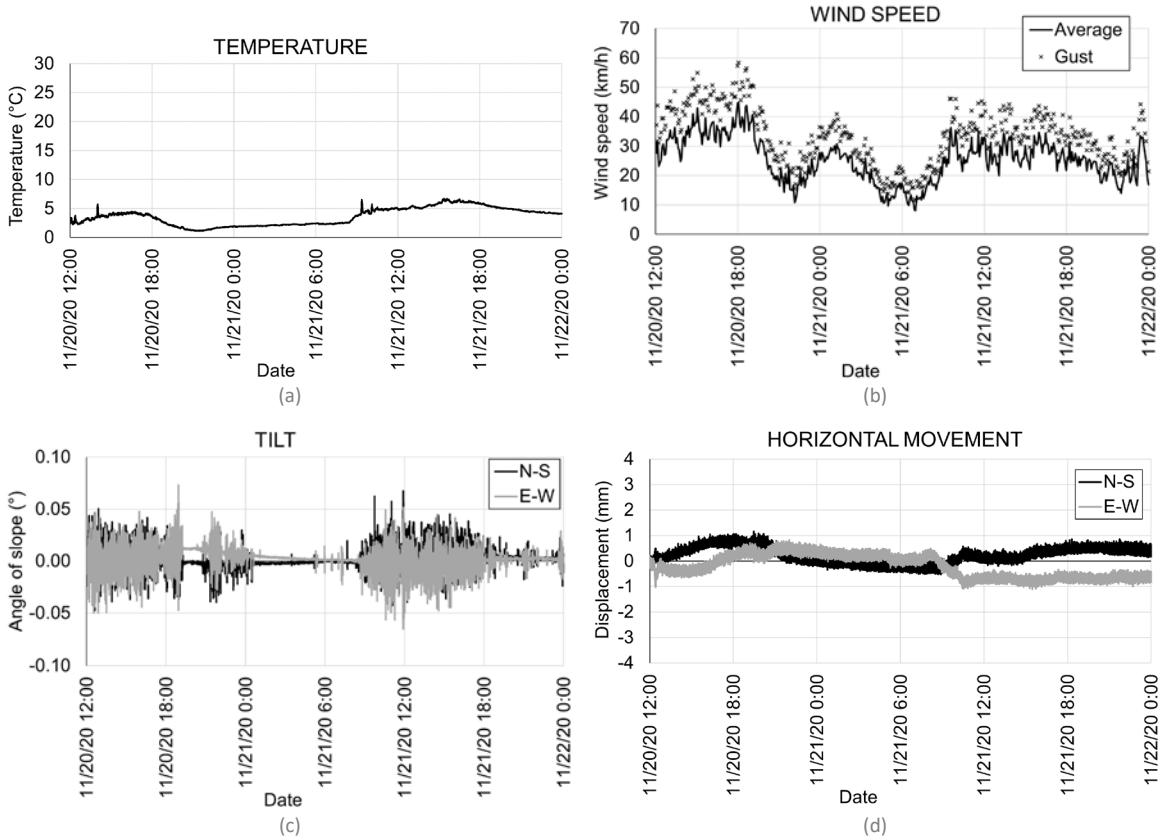


Figura 7. Registros medidos durante el episodio de viento: (a) temperatura, (b) velocidad del viento, (c) inclinación y (d) desplazamiento horizontal.

6. CONCLUSIONES

Los sensores basados en visión artificial han alcanzado en los últimos años un grado de desarrollo muy elevado y, en la actualidad, presentan una serie de características que los hace muy competitivos frente a los sensores tradicionales: robustez, posibilidad de adquisición de datos autónoma y remota, fiabilidad, precisión, bajo impacto y bajo coste.

Uno de los ámbitos en los que la instalación de estos dispositivos resulta especialmente interesante es la monitorización de estructuras singulares de gran esbeltez, como pilas de viaducto, chimeneas o torres de iglesias. En estas construcciones, los procesos globales de degradación estructural pueden controlarse mediante un único parámetro: el desplazamiento horizontal en la coronación.

Este trabajo describe un ejemplo de aplicación de un transductor de desplazamiento basado en láser y vídeo (LVBDT). El objetivo es evaluar el comportamiento de este sensor en un entorno real durante un periodo de medida prolongado. En particular, el dispositivo se instaló en la aguja de la torre sur de la Catedral de Santa María de Burgos (Burgos, España) y registró los desplazamientos horizontales en la coronación durante aproximadamente un año, entre 2020 y 2021. Las mediciones se efectuaron de forma intermitente, recogiendo algunos episodios meteorológicos de interés.

Además del LVBDT, se instalaron sensores convencionales (un termopar, un anemómetro y un inclinómetro) para registrar los parámetros meteorológicos más relevantes y contrastar los resultados del transductor.

Los resultados revelan que la aguja experimenta oscilaciones diarias debidas a variaciones térmicas, con una dirección predominante noroeste–sureste y una amplitud en torno a 4 mm. Por otro lado, la acción del viento apenas genera desplazamientos horizontales en la aguja, sino vibraciones de alta frecuencia y baja amplitud. Esto puede explicarse por la presencia de numerosas aberturas en la estructura que permiten la circulación del aire y reducen la presión del viento.

En cuanto a la respuesta del LVBDT, aunque no fue capaz de registrar las vibraciones inducidas por el viento, sí midió correctamente las oscilaciones térmicas, incluso con un grado de precisión superior al del inclinómetro. Por tanto, se concluye que se trata de un sensor con excelentes prestaciones para la monitorización de movimientos horizontales de baja frecuencia, al combinar buena precisión con alta robustez y bajo coste.

7. REFERENCIAS

Acikgoz, S., Soga, K., & Woodhams, J. (2017). Evaluation of the response of a vaulted masonry structure to differential settlements using point cloud data and limit analyses. Construction and Building Materials, 150, 916–931. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.075

Blanco, H., Boffill, Y., Lombillo, I., & Villegas, L. (2018). An integrated structural health monitoring system for determining local/global responses of historic masonry buildings. Structural Control and Health Monitoring, 25(8), e2196. https://doi.org/10.1002/stc.2196

Brown, N., Schumacher, T., & Vicente, M. A. (2021). Evaluation of a novel video- and laser-based displacement sensor prototype for civil infrastructure applications. Journal of Civil Structural Health Monitoring, 11(2), 265–281. https://doi.org/10.1007/s13349-020-00450-z

Brownjohn, J. M. W., Xu, Y., & Hester, D. (2017). Vision-Based Bridge Deformation Monitoring. Frontiers in Built Environment, 3. https://doi.org/10.3389/fbuil.2017.00023

Feng, D., & Feng, M. Q. (2016). Vision-based multipoint displacement measurement for structural health monitoring. Structural Control and Health Monitoring, 23(5), 876–890. https://doi.org/10.1002/stc.1819

Ferraioli, M., Lavino, A., Abruzzese, D., & Avossa, A. M. (2020). Seismic Assessment, Repair and Strengthening of a Medieval Masonry Tower in Southern Italy. International Journal of Civil Engineering, 18(9), 967–994. https://doi.org/10.1007/s40999-020-00515-6

Ferrante, A., Clementi, F., & Milani, G. (2019). Dynamic Behavior of an Inclined Existing Masonry Tower in Italy. Frontiers in Built Environment, 5. https://doi.org/10.3389/fbuil.2019.00033

Gentile, C., Guidobaldi, M., & Saisi, A. (2015). Structural health monitoring of a historic masonry tower. 2015 IEEE Workshop on Environmental, Energy, and Structural Monitoring Systems (EESMS) Proceedings, 168–173. https://doi.org/10.1109/EESMS.2015.7175872

Gilchrist, R. (2001). Norwich Cathedral Tower and Spire: Recording and Analysis of a Cathedral's Longue Durée. Archaeological Journal, 158(1), 291–324. https://doi.org/10.1080/00665983.2001.11079011

Kouris, E.-G., Kouris, L.-A. S., Konstantinidis, A. A., Karayannis, C. G., & Aifantis, E. C. (2021). Assessment and Fragility of Byzantine Unreinforced Masonry Towers. Infrastructures, 6(3), 40. https://doi.org/10.3390/infrastructures6030040

Micelli, F., Cascardi, A., & Aiello, M. A. (2020). Seismic Capacity Estimation of a Masonry Bell-Tower with Verticality Imperfection Detected by a Drone-Assisted Survey. Infrastructures, 5(9), 72. https://doi.org/10.3390/infrastructures5090072

Preciado, A., Orduña, A., Bartoli, G., & Budelmann, H. (2015). Façade seismic failure simulation of an old Cathedral in Colima, Mexico by 3D Limit Analysis and nonlinear Finite Element Method. Engineering Failure Analysis, 49, 20–30. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2014.12.003

Schumacher, T., & Shariati, A. (2013). Monitoring of Structures and Mechanical Systems Using Virtual Visual Sensors for Video Analysis: Fundamental Concept and Proof of Feasibility. Sensors, 13(12), 16551–16564. https://doi.org/10.3390/s131216551

Spencer, B. F., Hoskere, V., & Narazaki, Y. (2019). Advances in Computer Vision-Based Civil Infrastructure Inspection and Monitoring. Engineering, 5(2), 199–222. https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.11.030

Vicente, M., Gonzalez, D., Minguez, J., & Schumacher, T. (2018). A Novel Laser and Video-Based Displacement Transducer to Monitor Bridge Deflections. Sensors, 18(4), 970. https://doi.org/10.3390/s18040970

Ye, X. W., Dong, C. Z., & Liu, T. (2016). A Review of Machine Vision-Based Structural Health Monitoring: Methodologies and Applications. Journal of Sensors, 2016, 1–10. https://doi.org/10.1155/2016/7103039

ENSAYOS SÍSMICOS SOBRE EDIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

SEISMIC TESTS ON INDUSTRIALIZED CONSTRUCTION BUILDINGS

Jesús Mínguez Algarra[(1)], Miguel Angel Vicente Cabrera[(2)], Dorys González Cabrera[(3)], Álvaro Mena Alonso[(4)], Jorge Franco Rey[(5)]

[1] Universidad de Burgos, Burgos, España, jminguez@ubu.es
[2] Universidad de Burgos, Burgos, España, mvicente@ubu.es
[3] Universidad de Burgos, Burgos, España, dgonzalez@ubu.es
[4] Universidad de Burgos, Burgos, España, amena@ubu.es
[5] Iconkrete 2000 S.L. Madrid, España, jorge.franco@iconkrete.com

RESUMEN

La edificación modular de viviendas, fundamentada en el uso intensivo de componentes estructurales prefabricados —tales como cimentaciones, paneles estructurales de fachada y forjados—, ofrece numerosas ventajas desde el punto de vista constructivo, entre las que destacan la reducción significativa del tiempo de ejecución y un mayor control sobre la calidad final del producto.

Esta tipología constructiva resulta especialmente competitiva en países con recursos limitados, donde la disponibilidad de mano de obra cualificada para sistemas convencionales puede representar una dificultad considerable.

No obstante, su aplicación en zonas de elevada actividad sísmica sigue siendo reducida, debido principalmente a que este tipo de estructuras presentan una elevada rigidez y una limitada ductilidad, lo que genera importantes esfuerzos durante los eventos sísmicos. Por otro lado, las soluciones tradicionales basadas en dispositivos disipadores de energía suelen implicar costes elevados, lo cual restringe su implementación a gran escala en regiones con bajos recursos económicos. En este contexto, se hace imprescindible el desarrollo de soluciones de disipación energética de bajo costo que, además, puedan ser sustituidas con facilidad tras la ocurrencia de un sismo.

En el Laboratorio de Grandes Estructuras de Obra Civil de la Universidad de Burgos se han llevado a cabo ensayos sísmicos a escala real sobre unidades estructurales completas —constituidas por cimentaciones y paneles estructurales prefabricados, así como por forjados—, con el propósito de evaluar la capacidad de disipación de energía del conjunto

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema, junto con los dispositivos de disipación desarrollados, garantiza bajos niveles de carga horizontal equivalente, lo que se traduce en menores esfuerzos sobre los elementos prefabricados y, en consecuencia, en un reducido nivel de daño estructural.

Palabras clave: *Ensayos sísmicos, construcción industrializada, diseño sísmico.*

ABSTRACT

Modular housing construction, based on the intensive use of prefabricated structural components —such as foundations, structural façade panels, and floor slabs—, offers numerous advantages from a construction standpoint, including significantly shorter execution times and improved control over the final product quality.

This approach is particularly competitive in countries with limited resources, where finding skilled labor for conventional construction methods can pose considerable challenges.

However, its application in seismic regions remains limited, mainly because such structural systems tend to exhibit high stiffness and low ductility, which result in significant seismic forces. Moreover, conventional solutions relying on seismic dampers or similar devices are often prohibitively expensive, making large-scale implementation unfeasible in low-income areas. Therefore, it becomes essential to develop low-cost energy dissipation systems that can also be easily replaced after an earthquake.

At the Large Civil Engineering Structures Laboratory of the University of Burgos, full-scale seismic tests have been conducted on complete structural units composed of prefabricated foundations, structural panels, and floor slabs, with the objective of assessing the overall energy dissipation capacity of the system

For this purpose, a unidirectional shaking table was designed and built, capable of applying accelerations of up to 1 g to structural elements up to 10 meters high and weighing up to 40 tons.

The results indicate that the system, including the specifically designed dissipation devices, ensures low equivalent horizontal load levels, which in turn lead to reduced stresses on the prefabricated components and consequently to minimal structural damage.

Keywords: *Seismic tests, industrialized construction, seismic design.*

1. INTRODUCCIÓN

La construcción prefabricada tiene un peso creciente en la edificación civil gracias a ventajas como la rapidez de ejecución, la mejora en la calidad y la reducción de desviaciones respecto al proyecto. Es especialmente útil en viviendas, donde se repiten pocos tipos de elementos estructurales.

En países en desarrollo, donde la mano de obra especializada es limitada, la prefabricación resulta aún más atractiva. Sin embargo, en zonas sísmicas presenta dificultades, ya que las normativas reducen los coeficientes de disipación de energía debido a la menor ductilidad de las uniones.

La forma habitual de abordar el problema sísmico consiste en utilizar aisladores, amortiguadores, disipadores sísmicos etc. (Takeuchi et al., 2015) y (Parastesh et al., 2015).El problema estriba en que son soluciones muy costosas, solo aptas para grandes elementos estructurales (edificios altos o instalaciones muy singulares), y no son viables económicamente para la edificación más modesta.

Se hace necesario desarrollar sistemas de disipación de energía 'low cost' capaces de ser implementados en estructuras prefabricadas más modestas, sin que suponga un incremento de coste tal que haga económicamente inviable la obra.

La investigación en respuesta sísmica de las estructuras, especialmente si son de hormigón, requiere de la realización de ensayos que suelen ser complejos y costosos. Por una parte, la realización de ensayos a escala de elementos estructurales de hormigón no suele ser una opción viable ni fiable. Por otra parte, la realización de ensayos sísmicos suele requerir de instalaciones costosas. Por ello se han desarrollado metodologías alternativas, más sencillas de implementar y que permiten obtener información sobre la respuesta sísmica de la estructura, aunque de forma parcial.

En primer lugar, están los ensayos cuasi-estáticos o cíclicos, también llamados 'pushover', que consisten en la aplicación de una carga cíclica de muy baja frecuencia y bajo número de ciclos de amplitud creciente hasta rotura (Yang et al., 2016) (Zoubek et al., 2013) (Lu et al., 2018) (Holden et al., 2003). Este tipo de ensayos permite caracterizar la ductilidad de la estructura, así como analizar regiones muy concretas (uniones entre piezas, detalles constructivos singulares, etc.).

En segundo lugar, están los ensayos pseudo-dinámicos, que son un tipo especial de ensayo cuasi-estático en el que se introducen desplazamientos en puntos determinados de la estructura (Bournas et al., 2013). La diferencia radica en que dichos desplazamientos no son conocidos antes de la prueba, sino que se calculan durante ésta mediante un software de integración paso a paso. Si bien en esencia es un ensayo estático, se trata de una técnica compleja de implementar, fundamentalmente porque se requiere equipos muy sofisticados de control adaptativo.

En tercer lugar, están los ensayos en mesa sísmica o simulador sísmico, los cuales permiten introducir una verdadera excitación dinámica en la base de la estructura (García et al., 2010). Es la técnica más realista para el ensayo sísmico de estructuras, ya que los desplazamientos se producen en la base a velocidad real y la estructura es solicitada por las fuerzas de inercia debidas a su propia masa. Sin embargo, se trata de un ensayo

complejo por todo el equipamiento que requiere. También su interpretación es compleja porque en la respuesta sísmica intervienen un gran número de mecanismos estructurales. Por ello, este tipo de ensayos suelen ser el colofón a una campaña de ensayos mucho más extensa.

En este trabajo, se ha llevado a cabo un ensayo en mesa sísmica sobre un edificio de hormigón prefabricado a escala real, formado por dos paneles, dos forjados y una cubierta flexible. El objetivo es conocer la respuesta dinámica de la estructura frente a sismo. En este caso, se ha tomado como referencia el sismo de 'El Centro' (1979, El Centro, California, USA). Adicionalmente, para la realización de este ensayo se ha hecho necesario diseñar una mesa sísmica unidireccional, específica para las necesidades de este trabajo de investigación, capaz de aplicar una aceleración de hasta 1·g a unidades estructurales de hasta 6 m de altura y hasta 40 ton de peso.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar la respuesta dinámica de una estructura prefabricada de hormigón armado sometida a excitaciones sísmicas, mediante la realización de ensayos a escala real sobre una unidad estructural completa.

De manera específica, los objetivos particulares que se persiguen s evaluar el comportamiento sísmico de un edificio prefabricado de tres alturas, con el fin de determinar su capacidad de disipación de energía y su nivel de seguridad estructural frente a un sismo de referencia. Validar el diseño y funcionamiento de una mesa sísmica unidireccional especialmente desarrollada para la investigación, capaz de aplicar aceleraciones de hasta 1·g sobre estructuras de gran tamaño y peso. Caracterizar la respuesta dinámica del sistema estructural, mediante la medición y análisis de parámetros tales como desplazamientos, aceleraciones y cargas actuantes durante el ensayo. Comprobar la eficacia de las uniones prefabricadas, identificando las zonas de mayor concentración de esfuerzos y los mecanismos de disipación de energía. Contribuir al desarrollo de soluciones constructivas industrializadas que permitan mejorar el comportamiento sísmico de estructuras prefabricadas, con especial atención a aquellas de bajo coste y fácil implementación en países con recursos limitados.

3. PROGRAMA EXPERIMETAL

3.1 Edificio prefabricado

La unidad ensayada es un edificio de hormigón armado con dos paneles, dos forjados y una cubierta ligera, alcanzando tres alturas.

- Paneles de 5.87 m de altura, 2.00 m de ancho y 0.16 m de espesor, con zapatas rígidamente unidas.
- Forjados de prelosa con capa de compresión (22 cm de canto total).
- Cubierta ligera de chapa grecada sobre vigas IPE.

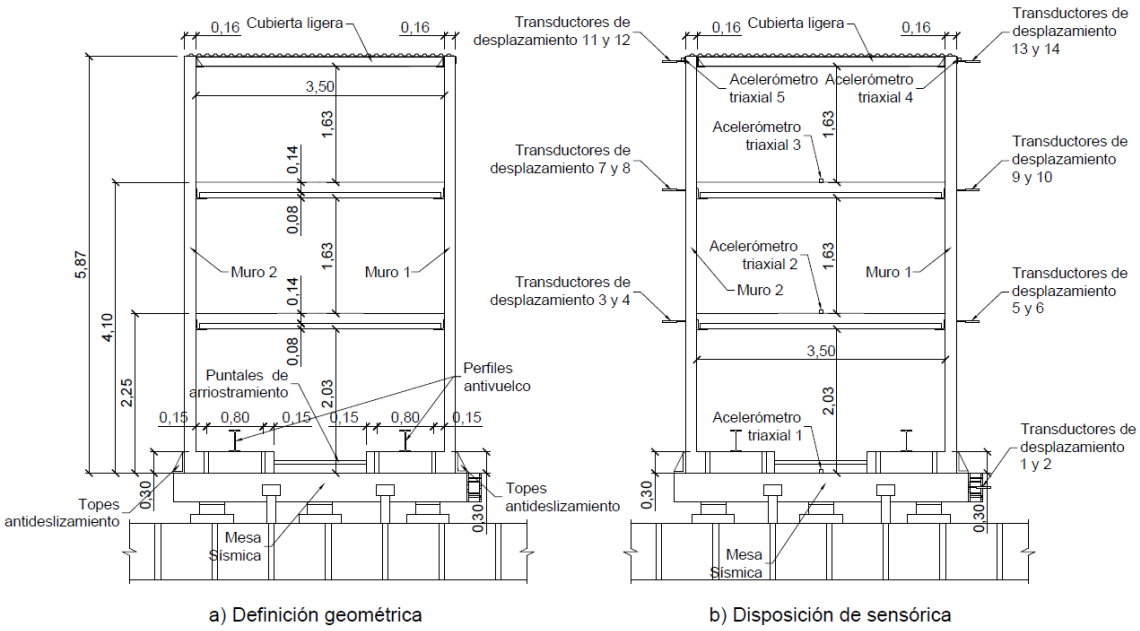


Figura 29. Definición geométrica de los principales elementos de ensayo y disposición de sensórica.

3.2 Mesa sísmica

La mesa diseñada es unidireccional, con losa de fundición de 4.14 m x 2.87 m, apoyada en seis soportes de neopreno.

- Actuador dinámico MTS de 1,000 kN y 250 mm de recorrido.
- Sistema de guiado longitudinal y antivuelco.
- El edificio se apoyó libremente sobre la mesa, con topes y vigas metálicas de seguridad.



Figura 30. Mesa sísmica, junto con su utillaje principal

3.3 Procedimiento de ensayo

Se aplicó el acelerograma del sismo de *El Centro* (orientación 220º), transformado en señal desplazamiento-tiempo para el control del actuador.

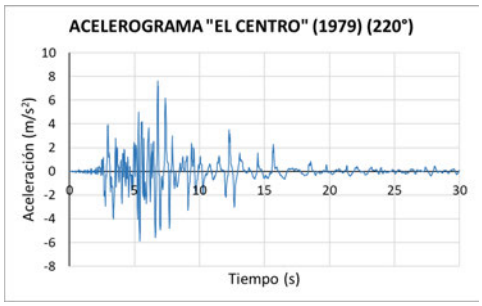


Figura 31. Acelerograma del sismo empleado.

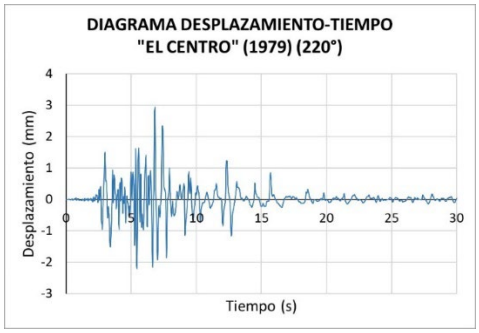


Figura 32. Diagrama desplazamiento-tiempo corregido del sismo empleado

Se midieron:

- Carga y desplazamiento del actuador.
- Desplazamientos horizontales de mesa y edificio.
- Aceleraciones en mesa, forjados y cubierta.



Figura 33. Disposición del ensayo previa a su inicio.

Las aceleraciones se han medido con un total de 5 acelerómetros triaxiales MEMS DC, con un rango de frecuencias de 0-700 Hz, una precisión de 0.001·g y un valor máximo de aceleración de 2·g. La disposición exacta de toda la sensórica descrita se muestra en las Figura 1. Además, en la Figura 5 se observa una imagen del ensayo momentos antes de su comienzo.

Adicionalmente, se ha considerado una carga muerta de 1.50 kN/m^2, que simula las cargas permanentes de la estructura más la fracción frecuente de la sobrecarga de uso, que puede estar presente en la estructura durante un evento sísmico. Dicha carga se ha materializado mediante depósitos de agua tipo GRG tal y como se observa en la Figura 5.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección, se muestran los resultados más relevantes que permiten caracterizar la respuesta sísmica del sistema; es decir, la carga y el desplazamiento del actuador, los movimientos horizontales de la mesa y el edificio, y las aceleraciones de la mesa y el edificio.

4.1 Carga y desplazamiento del actuador

En las Figuras 6 y 7, se muestran los diagramas carga-tiempo y desplazamiento-tiempo del actuador. Estos diagramas son muy útiles a efectos de verificación del comportamiento del actuador. En el segundo de ellos, se ha comparado la señal de entrada (es decir, el diagrama desplazamiento-tiempo descrito en la Sección 2) con la respuesta real del actuador.

Se aprecia claramente que, salvo en el caso de algunos máximos relativos, en los que el actuador no es capaz de reproducir plenamente, su comportamiento es satisfactorio.

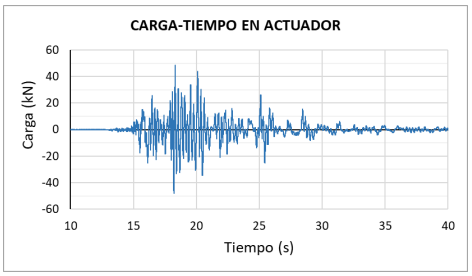


Figura 34. Diagrama carga-tiempo en actuador.

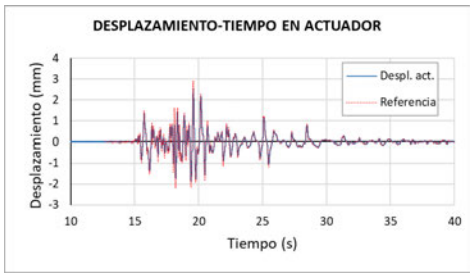


Figura 35. Diagrama desplazamiento-tiempo en actuador

En cuanto a los valores representativos de los diagramas, la carga máxima alcanzada en valor absoluto es de 48.42 kN, mientras que el desplazamiento máximo en valor absoluto es de 2.56 mm.

4.2 Desplazamientos horizontales de la mesa y el edificio

En las Figuras 8 a 11, se muestran los diagramas con los desplazamientos. En cada uno de ellos se representa el valor promedio de los desplazamientos medidos por los transductores correspondientes (Figura 1). Es decir, para el desplazamiento de la mesa se han tomado los datos del LVDT-1 y el LVDT-2, para el desplazamiento del forjado 1 se han considerado los datos del LVDT-3, LVDT-4, LVDT-5 y LVDT-6, y así sucesivamente.

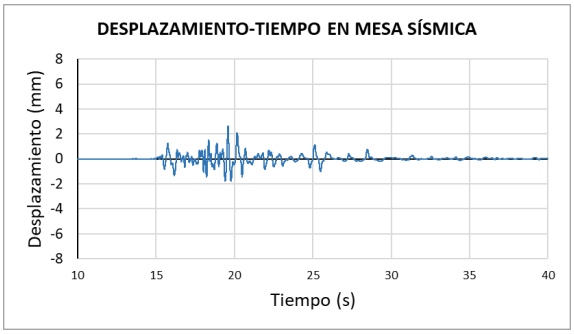
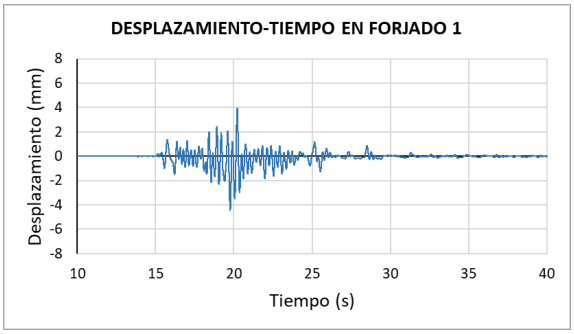


Figura 36. Desplazamiento-tiempo en mesa sísmica



.Figura 37. Desplazamiento-tiempo en forjado 1.

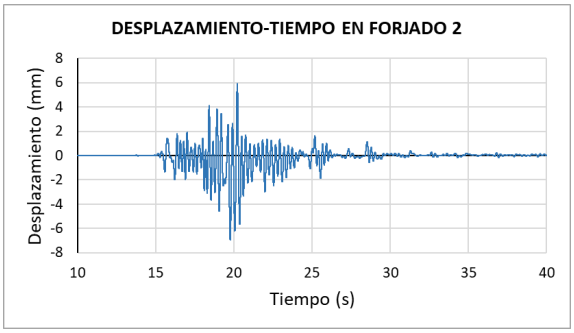


Figura 38. Desplazamiento-tiempo en forjado 2.

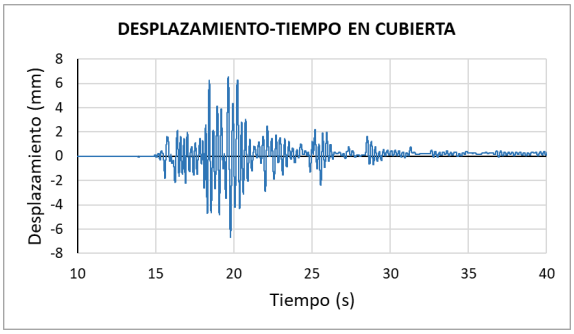


Figura 39. Desplazamiento-tiempo en cubierta

Estas figuras muestran algunos resultados interesantes. Por un lado, se observa que los desplazamientos de la mesa son muy similares a los del actuador. Esto es un indicador claro de la calidad del ensayo, puesto que las pérdidas dinámicas no son especialmente relevantes, lo cual es de destacar dado el complejo sistema

formado por el edificio, el actuador, el utillaje y el muro de reacción. De hecho, el desplazamiento máximo de la mesa es de 2.62 mm, un valor muy similar al máximo equivalente del actuador.

Por otro lado, en cuanto a los desplazamientos del edificio, se observa que los diagramas aumentan de forma prácticamente homotética desde el forjado 1 hasta la cubierta. En este sentido, los desplazamientos máximos en valor absoluto son de 3.88 mm (forjado 1), 5.90 mm (forjado 2) y 6.66 mm (cubierta). Se ha comprobado que el daño generado por el sismo se produce principalmente en las uniones panel-forjado, ya que no se observa fisuración en otras zonas del edificio. La mayor parte de la disipación energética del sistema se lleva a cabo a través de la formación de rótulas en dichas uniones.

4.3 Aceleraciones de la mesa y el edificio

En las Figuras 12 a 15, se muestran los diagramas con las aceleraciones medidas. En el caso de las aceleraciones de la cubierta del edificio, dado que se han dispuesto dos acelerómetros (AC-4 y AC-5), se han considerado los valores medios.

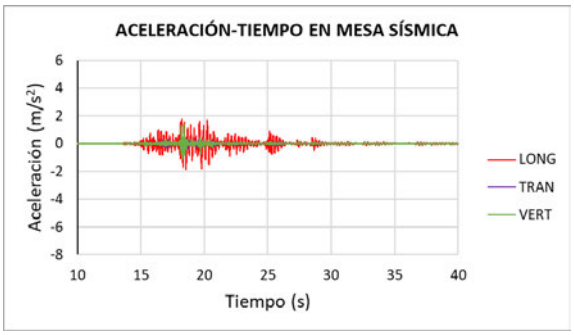


Figura 40. Aceleración-tiempo en mesa sísmica.

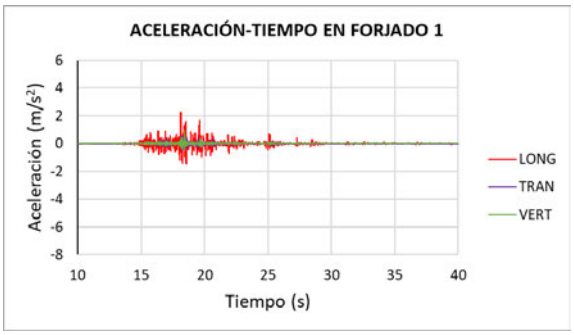


Figura 41. Aceleración-tiempo en forjado 1.

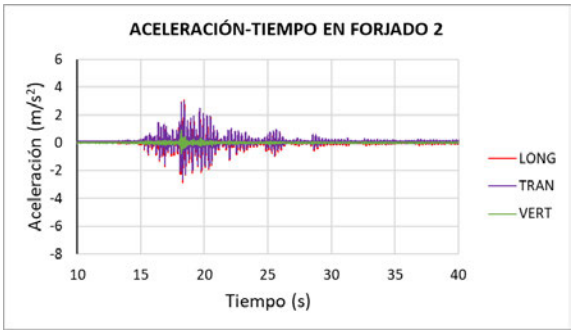


Figura 42. Aceleración-tiempo en forjado 2.

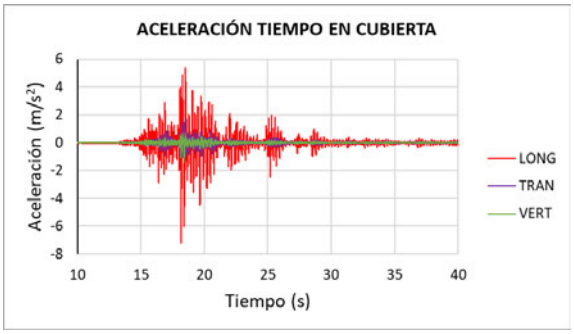


Figura 43. Aceleración-tiempo en cubierta.

Se pueden realizar algunos comentarios acerca de los resultados obtenidos. En primer lugar, se puede observar un fenómeno de amplificación dinámica, por el cual la aceleración resultante en la estructura es mayor que la aceleración del movimiento que se ha aplicado en su base; es decir, en la mesa sísmica. Además, se aprecia que esta amplificación crece con la distancia al plano de apoyo. En concreto, la aceleración longitudinal máxima absoluta en la mesa es de 1.83 m/s^2, mientras que en el edificio los valores máximos son de 2.26 m/s^2 en el forjado 1, 3.06 m/s^2 en el forjado 2 y, finalmente, 7.24 m/s^2 en la cubierta.

En cuanto a las aceleraciones medidas en las otras direcciones del espacio (transversal y vertical), se observa que tienen menor relevancia. Únicamente en el caso del forjado 2 las aceleraciones transversales son del mismo orden que las longitudinales. Una posible explicación a este hecho es que el sismo introducido puede estar excitando algún modo de vibración de la estructura cuya deformada implica un cierto movimiento transversal en ese nivel de la estructura.

Otra forma de caracterizar la respuesta sísmica de un sistema es a través del espectro de respuesta elástica, que relaciona el periodo natural de vibración de una estructura con las aceleraciones máximas que un determinado sismo es capaz de generar en dicha estructura. Habitualmente, en la normativa sísmica de cada país se incluyen espectros de respuesta elástica de referencia, considerando un índice de

amortiguamiento respecto al crítico del 5%. En el caso de España, en la NCSE-02 (Ministerio de Fomento, 2009) se recoge el mostrado en la Figura 16, que se puede ajustar en función de la peligrosidad sísmica y del tipo de terreno de la zona de estudio. En este caso, en el eje de ordenadas no aparece la aceleración, sino 'α(T)', que representa el cociente entre la aceleración máxima absoluta de un oscilador elástico lineal 'S_a' y la máxima aceleración del movimiento que se aplica en su base 'a'. Por ello, conociendo el valor de 'a', resulta sencillo cambiar a unidades de aceleración absoluta.

Alternativamente, conocido el acelerograma de un sismo es posible obtener su espectro de respuesta. En este caso esto se ha llevado a cabo mediante el software AcelSin (J.A. Agudelo, Estructurando.net). En este caso, el eje vertical del espectro de respuesta es la aceleración.

En la Figura 17 se comparan el espectro de respuesta del sismo aplicado, con el espectro de respuesta de referencia de la norma NCSE-02. Para que la comparación sea posible es necesario modificar el eje vertical de este espectro de respuesta, pasando de α(T) a aceleración. Para ello se ha multiplicado dicho espectro por 1.83 m/s^2 que es la aceleración máxima absoluta de la mesa.

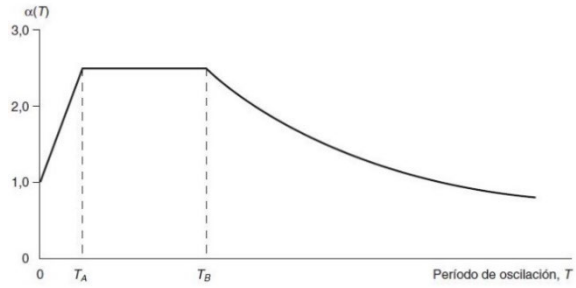


Figura 44. Espectro de respuesta elástica dado por la norma NCSE-02.

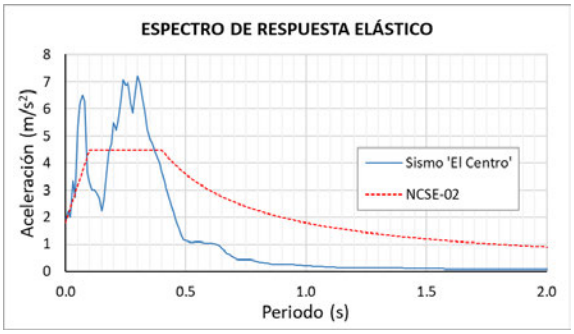


Figura 45. Espectro de respuesta elástico del sismo aplicado y comparación con el de la norma NCSE-02.

Se pueden extraer algunas conclusiones interesantes a partir de esta figura. En primer lugar, la máxima aceleración que es capaz de generar este sismo es de 7.22 m/s^2 para una estructura con un período natural de vibración de 0.3 s; es decir, con una frecuencia natural de 3.33 Hz. Por tanto, se trata de un valor prácticamente idéntico a la máxima aceleración en la cubierta del edificio, que es de 7.24 m/s^2. En consecuencia, esto indica que el edificio está sometido a los pésimos esfuerzos dinámicos que es capaz de generar el sismo de 'El Centro'. Este aspecto es muy relevante, ya que se demuestra que el sismo de referencia elegido genera la respuesta pésima sobre la estructura. En segundo lugar, de lo anterior se deduce que la frecuencia natural del edificio se encuentra en el rango de 3.33-4.00 Hz; es decir, en el entorno del máximo del espectro de respuesta elástico (rango de periodos de 0.25-0.30 s). Finalmente, se observa que el espectro del sismo de 'El Centro' no se encuentra dentro de la envolvente del espectro de referencia de la norma NCSE-02, sino que es más agresivo. En el caso de la norma española, para el rango de periodos en el que se encuentra el edificio de estudio, se supone una amplificación de la aceleración de respuesta del sistema de 2.5 veces la aceleración en la base (4.53 m/s^2 frente a 1.81 m/s^2). Sin embargo, se observa que para el espectro del sismo de 'El Centro', dicha amplificación alcanza 4 veces la aceleración en la base (7.22 m/s^2 frente a 1.81 m/s^2). Por lo tanto, se trata de un evento muy singular que excede el espectro de respuesta de la norma NCSE-02. No obstante, cabe destacar que tampoco es su intención, puesto que este tipo de sismos no son nada frecuentes en España.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo, se ha llevado a cabo un ensayo en mesa sísmica sobre un edificio de hormigón prefabricado a escala real, formado por dos paneles, dos forjados y una cubierta flexible. El objetivo es conocer la respuesta dinámica de la estructura frente a un sismo de referencia. En este caso, se ha considerado el sismo de 'El Centro' (1979, El Centro, California, USA) con una orientación de 220º.

Para ello, se ha diseñado previamente una mesa sísmica unidireccional, capaz de aplicar una aceleración de hasta 1·g a unidades estructurales de hasta 6 m de altura y hasta 40 ton de peso. En cuanto al procedimiento de ensayo, consiste en la aplicación del acelerograma correspondiente al sismo de referencia. Sin embargo, dado que el ensayo se realiza con control en desplazamiento, fue necesario realizar un

tratamiento numérico del acelerograma del sismo para transformarlo en un diagrama desplazamiento-tiempo.

Los parámetros medidos durante el ensayo han sido la carga y el desplazamiento del actuador, los desplazamientos horizontales de la mesa sísmica, los desplazamientos horizontales del edificio a la altura de los forjados y la cubierta, las aceleraciones de la mesa, y las aceleraciones del edificio a la altura de los forjados y la cubierta.

Las principales conclusiones que se pueden obtener a partir de los resultados son:

- La mesa sísmica ha mostrado un comportamiento satisfactorio, siendo capaz de reproducir el sismo de diseño de forma fidedigna.
- En cuanto a los desplazamientos del edificio, se observa que aumentan de forma prácticamente homotética desde el forjado 1 hasta la cubierta.
- La mayor parte de la disipación energética del sistema se lleva a cabo a través de la formación de rótulas en las uniones panel-forjado. De hecho, no se ha observado fisuración significativa en otras zonas críticas de la estructura, como el arranque de los paneles.
- Se observa un fenómeno de amplificación dinámica, por el cual la aceleración longitudinal resultante en la estructura es mayor que la aceleración aplicada en la mesa. Además, se aprecia que esta amplificación crece con la distancia al plano de apoyo. En cuanto a las aceleraciones medidas en las otras direcciones del espacio (transversal y vertical), se observa que tienen menor relevancia.
- De acuerdo con el espectro de respuesta del sismo aplicado, la máxima aceleración que es capaz de generar dicho sismo es de 7.22 m/s^2 para una estructura con un período natural de vibración de 0.3 s, que coincide con la máxima aceleración en la cubierta del edificio, que es de 7.24 m/s^2. En consecuencia, esto indica que el edificio está sometido a los pésimos esfuerzos dinámicos que es capaz de generar el sismo de 'El Centro'.

Por lo tanto, este trabajo ha permitido validar el funcionamiento de la mesa sísmica diseñada por los autores. Además, también se ha comprobado que el comportamiento del edificio ensayado frente a un sismo especialmente desfavorable es muy bueno, presentando disipación energética únicamente en las zonas destinadas a tal fin, de forma que no se compromete su seguridad estructural.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida por la empresa ICONKRETE 2012, S.L., dentro del proyecto europeo EUROSTAT-EUREKA SEISMPRECAST.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Takeuchi, T., Chen, X., and Matsui, R. (2015). "Seismic performance of controlled spine frames with energy-dissipating members." Journal of Constructional Steel Research, 114, 51–65. https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2015.07.002

Parastesh, H., Hajirasouliha, I., and Ramezani, R. (2014). "A new ductile moment-resisting connection for precast concrete frames in seismic regions: An experimental investigation." Engineering Structures, 70, 144–157. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.04.001

Yang, K-H, Seo, E-A, and Hong, S-H (2016). "Cyclic flexural tests of hybrid steel–precast concrete beams with simple connection elements." Engineering Structures, 118, 344–356 https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.03.045

Zoubek, B., Isakovic, T., Fahjan, Y., and Fischinger, M. (2013). "Cyclic failure analysis of the beam-to-column dowel connections in precast industrial buildings." Engineering Structures, 52, 179–191. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.02.028

Lu, C., Dong, B., Pan, J., Shan, Q., Hanif, A., and Yin, W. (2018) "An investigation on the behavior of a new connection for precast structures under reverse cyclic loading." Engineering Structures, 169, 131–140. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.05.041

Holden, T., Restrepo, J., and Mander, B. (2003). "Seismic Performance of Precast Reinforced and Prestressed Concrete Walls." J. Struct. Eng., 129(3), 286–296. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2003)129:3(286)

Bournas, D.A., Negro. P., and Molina, F.J. (2013). "Pseudodynamic tests on a full-scale 3-storey precast concrete building: Behavior of the mechanical connections and floor diaphragms." Engineering Structures, 57, 609–627. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.05.046

García, R., Hajirasouliha, I., and Pilakoutas, K. (2010). "Seismic Behavior of Deficient RC Frames Strengthened with CFRP Composites." Engineering Structures, 32(10), 3075–3085. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2010.05.026

NCSE-02, "Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación" (2009). Ministerio de Fomento, Gobierno de España. https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/0820200.pdf

ISBN 979-13-87585-41-9



UNIVERSIDAD DE BURGOS

Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional