

TESIS DOCTORAL

LA RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO MONUMENTAL: ESTUDIO SISTEMATIZADO DE LOS MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN EN LAS INTERVENCIONES DE RESTAURACIÓN

Autor: D. Javier Garabito López

Director: D. Luis María García Castillo

Burgos, enero de 2005

UNIVERSIDAD DE BURGOS

Escuela Politécnica Superior

Departamento de Construcciones Arquitectónicas e Ingeniería de la Construcción y del Terreno

TESIS DOCTORAL

**LA RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO MONUMENTAL:
ESTUDIO SISTEMATIZADO DE LOS MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN EN LAS
INTERVENCIONES DE RESTAURACIÓN**

Autor: D. Javier Garabito López

Director: D. Luis María García Castillo

Burgos, enero de 2005

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a aquellas personas e instituciones que han tenido una incidencia positiva en el desarrollo y culminación de este trabajo.

En primer lugar quiero agradecer a mi director de tesis, Luis María García Castillo, su inestimable orientación y apoyo, haciendo extensivo este agradecimiento al Departamento de Construcciones Arquitectónicas e Ingeniería de la Construcción y del Terreno de la Universidad de Burgos, del que es a su vez, director.

A la Universidad de Burgos por su apuesta decidida a los programas de doctorado.

A Lucio Mata y a José Manuel Álvarez, colegas, y ante todo amigos. “Seguiremos quitando telarañas”.

A todos aquellos que han colaborado en mi trabajo profesional como arquitecto restaurador y a los que han confiado en mi capacidad profesional, especialmente a los responsables de Patrimonio de la Junta de Castilla y León y de la iglesia católica, poseedora de una gran parte de nuestro ingente y magnífico Patrimonio..

Y en especial, a mi familia.

A mis hermanos, por su comprensión cuando he estado “virtualmente” en el estudio.

A mis suegros, por ayudarme con mis obligaciones familiares.

A mi mujer y mis hijos, por su apoyo y cariño.

A mis padres, por todo.

ÍNDICE

MEMORIA

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN:

OBJETIVOS Y PLAN DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVOS

METODOLOGÍA Y PLAN DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 1.

LA RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO MONUMENTAL. CONCEPTOS GENERALES. EVOLUCIÓN TEÓRICA DE LOS CRITERIOS DE INTERVENCIÓN E IMPLICACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS.

1.1. INTRODUCCIÓN.

1.2. BREVE HISTORIA DE LA RESTAURACIÓN MONUMENTAL

1.2.1. EL RESTAURO ARCHEOLÓGICO.

1.2.2. EL RESTAURO STILISTICO.

1.2.3. LA RESTAURACIÓN ROMÁNTICA. "ANTI – RESTAURATION MOVEMENT".

1.2.4. EI RESTAURO STORICO.

1.2.5. EL RESTAURO MODERNO.

1.2.6. EL RESTAURO CIENTÍFICO.

1.2.7. LA CARTA DE ATENAS (1931)

1.2.8. LA CARTA DEL RESTAURO ITALIANO (1932)

1.2.9. EL RESTAURO CRÍTICO.

1.2.10. LA CARTA DE VENECIA

1.2.11. LA CARTA EUROPEA DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO (1975).
LA CARTA DE AMSTERDAM (1975).

1.2.12. LA CARTA DE CRACOVIA DEL AÑO 2000. PRINCIPIOS PARA LA
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CONSTRUÍDO.

1.3. IMPLICACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LOS CRITERIOS DE INTERVENCIÓN EN LA PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS.

CAPITULO 2.

LA ORGANIZACIÓN, PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LAS OBRAS EN GENERAL

2.1. INTRODUCCIÓN

2.2. CONCEPTOS

- 2.2.1. ORGANIZACIÓN
- 2.2.2. PLANIFICACIÓN
- 2.2.3. PROGRAMACIÓN
- 2.2.4. EJECUCIÓN
- 2.2.5. CONTROL
- 2.2.6. EDIFICACIÓN
- 2.2.7. ACTIVIDAD
- 2.2.8. SUCESO
- 2.2.9. UNIDAD DE OBRA:
- 2.2.10. INVESTIGACIÓN OPERATIVA:

2.3. LA ORGANIZACIÓN.

- 2.3.1. ANTECEDENTES.
- 2.3.2. VENTAJAS Y DIFICULTADES DE LA ORGANIZACIÓN DE UNA OBRA.
 - 2.3.2.1. VENTAJAS DE LA ORGANIZACIÓN DE UNA OBRA:
 - 2.3.2.2. DIFICULTADES PARA CONSEGUIR UNA CORRECTA ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS.
- 2.3.3. ETAPAS DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS.
- 2.3.4. ACTUACIONES PREVIAS
- 2.3.5. DOCUMENTOS DE LA ORGANIZACIÓN
 - 2.3.5.1. MEMORIA GENERAL DE ORGANIZACIÓN.
 - 2.3.5.2. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.
- 2.3.6. FACTORES Y CONDICIONES DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS EN GENERAL.
- 2.3.7. FUNCIONES DE LOS AGENTES DEL PROCESO EDIFICATORIO
 - 2.3.7.1. PROMOTOR:
 - 2.3.7.2. PROYECTISTA:
 - 2.3.7.3. CONSTRUCTOR:
 - 2.3.7.4. DIRECTOR DE OBRA:
 - 2.3.7.5. EL DIRECTOR DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.
 - 2.3.7.6. LAS ENTIDADES DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN
 - 2.3.7.7. LOS LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN.
 - 2.3.7.8. LOS SUMINISTRADORES DE PRODUCTOS.
 - 2.3.7.9. LOS PROPIETARIOS Y LOS USUARIOS.
- 2.3.8. ASPECTOS LEGALES QUE AFECTAN A LA ORGANIZACIÓN DE UNA OBRA.

2.4. PLANIFICACIÓN GENERAL DE LAS OBRAS

- 2.4.1. NIVEL DE ANÁLISIS
- 2.4.2. METODOLOGÍA DE LA PLANIFICACIÓN
- 2.4.3. NIVELES DE PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA
- 2.4.4. ASPECTOS DE LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA
 - 2.4.4.1. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN
 - 2.4.4.2. PLANIFICACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

- 2.4.4.3. PLANIFICACIÓN ECONÓMICA
- 2.4.4.4. PLANIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD:
- 2.4.5. ETAPAS DE LA OBRA Y APROXIMACIÓN A LAS ACTIVIDADES EN QUE SE PUEDE DESCOMPONER
 - 2.4.5.1. PRIMERA ETAPA: CIMENTACIONES Y ESTRUCTURA.
 - 2.4.5.2. SEGUNDA ETAPA: ALBAÑILERÍA.
 - 2.4.5.3. TERCERA ETAPA: ACABADOS.
 - 2.4.5.4. CUARTA ETAPA: URBANIZACIÓN.
- 2.4.6. LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES
 - 2.4.6.1. ESTUDIO DEL TIEMPO
 - 2.4.6.2. ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES PREVISTAS
 - 2.4.6.3. TIPOS DE DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES
- 2.4.7. LAS RELACIONES ENTRE LAS ACTIVIDADES. LIGADURAS Y RESTRICCIONES

2.5. PROGRAMACIÓN GENERAL DE LAS OBRAS. ETAPAS Y ACTIVIDADES.

- 2.5.1. INTRODUCCIÓN
- 2.5.2. MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN.
- 2.5.3. PROGRAMACIÓN. AJUSTE DE PLAZOS Y TENSADO DE REDES. LA ASIGNACIÓN Y ARMONIZACIÓN DE LOS RECURSOS.
 - 2.5.3.1. LA PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS
 - 2.5.3.2. AJUSTE DE PLAZOS.
 - 2.5.3.3. TENSADO DE REDES
 - 2.5.3.4. ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS
 - 2.5.3.5. LA ARMONIZACIÓN DE LOS RECURSOS. OBJETIVOS
 - 2.5.3.6. LA ARMONIZACIÓN DE LOS RECURSOS. CONSIDERACIONES.
 - 2.5.3.7. SISTEMAS DE ARMONIZACIÓN DE LOS RECURSOS. MÉTODO HEURÍSTICO.
- 2.5.4. CALENDARIO DE LA OBRA

2.6. CONTROL GENERAL DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

- 2.6.1. REVISIONES DEL PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS: SEGUIMIENTOS Y ACTUALIZACIONES.
- 2.6.2. RETRASOS Y ADELANTOS
- 2.6.3. SISTEMAS DE CONTROL

CAPÍTULO 3

PARTICULARIDADES DE LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO MONUMENTAL.

3.1. INTRODUCCIÓN

3.2. LOS IMPREVISTOS EN LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN

3.3. LAS FUNCIONES AJENAS EN LA RESTAURACIÓN DE LOS MONUMENTOS

3.4. FACTORES EXTRÍNSECOS DE LA INTERVENCIÓN DE LOS MONUMENTOS

3.4.1. CLIMATOLOGÍA

3.4.2. ACCESOS A LA OBRA

3.4.3. DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIA Y PERSONAL ESPECIALIZADO

3.5. FACTORES INTRÍNSECOS DE LA INTERVENCIÓN DE LOS MONUMENTOS

3.5.1. VALOR ARQUITECTÓNICO Y ARTÍSTICO

3.5.2. ALARMA SOCIAL

3.5.3. MANTENIMIENTO DE LA ACTIVIDAD DURANTE LA RESTAURACIÓN

CAPITULO 4

CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES ESENCIALES QUE DEBERÁ REUNIR EL INSTRUMENTO DE PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS DESEADO.

4.1. INTRODUCCIÓN

4.2. CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LOS INSTRUMENTOS DE PROGRAMACIÓN

4.2.1. CLARIDAD DE COMPRENSIÓN

4.2.2. SIMPLICIDAD DE MANEJO.

4.2.3. FACILITAR LA INFORMACIÓN ADECUADA

4.2.4. FACILIDAD PARA ASIMILAR LA INFORMACIÓN

4.2.5. CAPACIDAD DE ANÁLISIS Y SÍNTESIS

4.2.6. FACILIDAD PARA REFLEJAR LAS LIGADURAS ENTRE LAS ACTIVIDADES

4.2.7. FLEXIBILIDAD PARA INTRODUCIR MODIFICACIONES EN LA PROGRAMACIÓN

4.2.8. REPROGRAMACIÓN EN EL CONTROL DE OBRA. LOS IMPREVISTOS EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

4.2.9. INCORPORAR LAS FUNCIONES AJENAS

4.2.10. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS INSTRUMENTOS

4.2.11. INFORMATIZACIÓN DE LOS DISTINTOS MÉTODOS

CAPITULO 5

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD

5.1. INTRODUCCIÓN

- 5.1.1. BREVE RESEÑA HISTORICA
- 5.1.2. ANÁLISIS GENERAL DE LOS METODOS DEL CAMINO CRÍTICO

5.2. DIAGRAMA DE GANTT

- 5.2.1. INTRODUCCION
- 5.2.2. ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE GANTT
- 5.2.3. EJEMPLO

5.3. EL MÉTODO C.P.M.

- 5.3.1. INTRODUCCIÓN
- 5.3.2. ANÁLISIS DEL METODO
 - 5.3.2.1. CONDICIONES PARA QUE UN GRAFO ORIENTADO SE CORRESPONDA CON UN C.P.M.
 - 5.3.2.2. TIPOS DE ACTIVIDADES
 - 5.3.2.3. FUNCIONES QUE CUMPLEN LAS ACTIVIDADES FICTICIAS
- 5.3.3. INDICACIONES PARA TRAZAR UNA MALLA O RED
- 5.3.4. REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LAS LIGADURAS
- 5.3.5. NUMERACIÓN DE LOS SUCESOS
 - 5.3.5.1. PROCESO PARA NUMERAR ORDENADAMENTE LOS SUCESOS
- 5.3.6. DURACIONES DE LAS ACTIVIDADES
- 5.3.7. CALENDARIO DE LOS SUCESOS
 - 5.3.7.1. LO MÁS PRONTO QUE PUEDEN OCURRIR LOS SUCESOS
 - 5.3.7.2. LO MÁS TARDE QUE PUEDEN OCURRIR LOS SUCESOS
- 5.3.8. HOLGURA Y CRITICIDAD
 - 5.3.8.1. CLASES DE HOLGURA DE UNA ACTIVIDAD. ACTIVIDADES CRÍTICAS
- 5.3.9. LONGITUD Y HOLGURA DE UNA RUTA
 - 5.3.9.1. LONGITUD Y HOLGURA DE LA RUTA MÁS LARGA QUE PASA POR UNA ACTIVIDAD (i, j)
 - 5.3.9.2. RUTAS CRÍTICAS DE ORDEN POSTERIOR

5.4. EL METODO PERT

- 5.4.1. INTRODUCCION
- 5.4.2. DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS ENTRE EL C.P.M. Y EL PERT
- 5.4.3. LOS TIEMPOS DEL PERT: CONCEPTOS GENERALES
 - 5.4.3.1. ESTIMACIONES DE LOS TIEMPOS
- 5.4.4. EL METODO DE LA SIMULACIÓN MONTE CARLO
 - 5.4.4.1. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA
 - 5.4.4.2. ANALISIS CRITICO DEL METODO PERT EN UN CONTEXTO ALEATORIO
 - 5.4.4.3. APLICACIÓN DE LA SIMULACION MONTE CARLO AL MÉTODO PERT
- 5.4.5. CALENDARIO DE LOS SUCESOS Y DISPERSIÓN DE LA VARIABLE
- 5.4.6. CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD
- 5.4.7. EJEMPLOS

5.5. EL METODO CPM / PERT - COSTE

- 5.5.1. INTRODUCCIÓN
- 5.5.2. NECESIDADES DE ACORTAMIENTOS DE PLAZO
 - 5.5.2.1. DURANTE LA PROGRAMACIÓN DE LA OBRA
 - 5.5.2.2. DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA
- 5.5.3. ELECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DONDE ACORTAR
 - 5.5.3.1. ACTIVIDADES CRÍTICAS
 - 5.5.3.2. CRITERIO DE SELECCIÓN EN FUNCIÓN DE COSTES
- 5.5.4. COSTES DIRECTOS, INDIRECTOS Y TOTALES
 - 5.5.4.1. COSTE DIRECTO
 - 5.5.4.2. COSTES INDIRECTOS
 - 5.5.4.3. COSTES TOTALES
- 5.5.5. ALGORITMO DE ACKOFF Y SASIENI
- 5.5.6. EJEMPLOS
 - 5.5.6.1. EJEMPLO DE C.P.M.-COSTE

5.6. EL METODO ROY

- 5.6.1. INTRODUCCIÓN
- 5.6.2. ANÁLISIS DEL GRAFO
- 5.6.3. DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS ENTRE EL METODO ROY Y LOS MÉTODOS C.P.M./PERT
 - 5.6.3.1. DIFERENCIAS
 - 5.6.3.2. SEMEJANZAS
- 5.6.4. PRINCIPIOS BASICOS DEL METODO ROY
- 5.6.5. ACTIVIDAD, TIEMPO MÍNIMO, TIEMPO MÁXIMO
 - 5.6.5.1. ACTIVIDAD
 - 5.6.5.2. DURACION DE UNA ACTIVIDAD
 - 5.6.5.3. ACTIVIDADES CRÍTICAS
 - 5.6.5.4. TIEMPO MINIMO. T_E
 - 5.6.5.5. TIEMPO MAXIMO. T_L
- 5.6.6. RESTRICCIONES O LIGADURAS
 - 5.6.6.1. RETRASO
- 5.6.7. HOLGURAS Y CAMINO CRÍTICO
 - 5.6.7.1. HOLGURAS DE LAS ACTIVIDADES
 - 5.6.7.2. RUTA CRÍTICA
- 5.6.8. DIFERENTES TIPOS DE LIGADURAS REPRESENTADAS EN ROY Y SU EQUIVALENCIA EN PERT O C.P.M.
- 5.6.9. CONSTRUCCIÓN DEL GRAFO ROY
- 5.6.10. EJEMPLO
- 5.6.11. EJEMPLO DE GRÁFICO ROY Y CPM CON ESTABLECIMIENTO DE LOS NIVELES DE LAS ACTIVIDADES
- 5.6.12. EJEMPLO DE BÚSQUEDA DEL MÍNIMO RETRASO ANTE UNA RESTRICCIÓN DISYUNTIVA

5.7. EL SISTEMA DE PRECEDENCIAS

- 5.7.1. INTRODUCCIÓN
- 5.7.2. ANÁLISIS DEL MÉTODO DEL SISTEMA DE PRECEDENCIAS
 - 5.7.2.1. DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS ENTRE EL SISTEMA DE PRECEDENCIAS Y EL PERT/C.P.M
 - 5.7.2.2. SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS ENTRE EL SISTEMA DE PRECEDENCIAS Y EL ROY
- 5.7.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA
 - 5.7.3.1. REPRESENTACIÓN DE LAS ACTIVIDADES EN LOS NUDOS
 - 5.7.3.2. ZONAS IDENTIFICATIVAS DE LOS NUDOS
 - 5.7.3.3. LINEAS O ARCOS
- 5.7.4. RELACION ENTRE LAS ACTIVIDADES PRECEDENTES Y SIGUIENTES
 - 5.7.4.1. RELACIÓN FINAL-COMIENZO \Rightarrow F/C
 - 5.7.4.2. RELACIÓN COMIENZO-COMIENZO \Rightarrow C/C
 - 5.7.4.3. RELACION FINAL-FINAL \Rightarrow F/F
 - 5.7.4.4. RELACIÓN COMIENZO-FINAL \Rightarrow C/F
- 5.7.5. LA CONSTRUCCIÓN DE UN GRÁFICO DEL SISTEMA DE PRECEDENCIAS
 - 5.7.5.1. TABLA DE LAS ACTIVIDADES CON SUS LIGADURAS
 - 5.7.5.2. CONSTRUCCIÓN DEL GRAFICO Y SUS LIGADURAS
 - 5.7.5.3. CALCULO DE LOS TIEMPOS MÁS TEMPRANOS PARA COMENZAR Y FINALIZAR LA ACTIVIDAD
 - 5.7.5.4. CALCULO DE LOS TIEMPOS MÁS TARDIOS PARA FINALIZAR Y EMPEZAR LA ACTIVIDAD
- 5.7.6. ACTIVIDADES CRÍTICAS Y SU REPRESENTACIÓN EN EL GRÁFICO
- 5.7.7. EJEMPLO

5.8. CRONOGRAMAS - GANTT MEJORADO

- 5.8.1. INTRODUCCIÓN
- 5.8.2. EJEMPLOS PRÁCTICOS
 - 5.8.2.1. GRÁFICO C.P.M. Y SU TRANSFORMACIÓN EN GANTT MEJORADO
 - 5.8.2.2. GANTT MEJORADO PARTIENDO DE UN ROY

5.9. LOS MÉTODOS DEL CAMINO CRÍTICO EN SU APLICACIÓN A LOS PROGRAMAS INFORMATICOS

- 5.9.1. INTRODUCCIÓN
- 5.9.2. TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LOS SISTEMAS
- 5.9.3. EL ORDENADOR Y LOS PROGRAMAS
- 5.9.4. ALGORITMO PERT Y C.P.M.
- 5.9.5. ALGORITMO ROY
- 5.9.6. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS ALGORITMOS PERT, C.P.M. Y ROY

5.10. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE CADA UNO DE LOS METODOS

- 5.10.1. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL METODO GANTT
- 5.10.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL METODO C.P.M.
- 5.10.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL METODO PERT
- 5.10.4. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL METODO ROY
- 5.10.5. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL SISTEMA DE PRECEDENCIAS
- 5.10.6. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL CRONOGRAMA. GANTT-MEJORADO

CAPÍTULO 6

APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS ANALIZADOS A UN CASO PRÁCTICO DE OBRAS DE RESTAURACIÓN

6.1. INTRODUCCIÓN

6.2. BREVE RESUMEN DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO, BURGOS

- 6.2.1. PATOLOGÍAS EXISTENTES
- 6.2.2. CRITERIOS DE INTERVENCIÓN
- 6.2.3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.

6.3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

- 6.3.1. FICHAS DE ACTIVIDADES
- 6.3.2. RELACIÓN DE ACTIVIDADES CON SUS LIGADURAS

6.4. PROGRAMACIÓN CON LOS DISTINTOS MÉTODOS ELEGIDOS

- 6.4.1. GRÁFICO GANTT AL USO.
- 6.4.2. GRÁFICO GANTT CON PLANIFICACIÓN PREVIA
- 6.4.3. MÉTODO CPM
- 6.4.4. MÉTODO ROY
- 6.4.5. SISTEMA DE PRECEDENCIAS
- 6.4.6. GRÁFICO GANTT MEJORADO
- 6.4.7. CRONOGRAMA

6.5. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE CADA UNO DE LOS MÉTODOS

- 6.5.1. CONSIDERACIONES RESPECTO A LOS GRÁFICOS DE TIPO GANTT Y CRONOGRAMAS.
- 6.5.2. CONSIDERACIONES A LA PROGRAMACION REALIZADA POR LOS METODOS DEL CAMINO CRITICO C.P.M., ROY Y SISTEMA DE PRECEDENCIAS

CAPÍTULO 7

CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS EN FUNCIÓN DEL GRADO DE SATISFACCIÓN ALCANZADO

7.1. INTRODUCCIÓN

7.2. VALORACIÓN DE LOS MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN ANALIZADOS EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DESEADAS

- 7.2.1. CLARIDAD DE COMPRENSIÓN
- 7.2.2. SIMPLICIDAD DE MANEJO.
- 7.2.3. FACILITAR LA INFORMACIÓN ADECUADA
- 7.2.4. FACILIDAD PARA REFLEJAR LAS LIGADURAS ENTRE LAS ACTIVIDADES
- 7.2.5. FLEXIBILIDAD PARA INTRODUCIR MODIFICACIONES EN LA PROGRAMACIÓN
- 7.2.6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS INSTRUMENTOS
- 7.2.7. INFORMATIZACIÓN DE LOS DISTINTOS MÉTODOS
- 7.2.8. FACILIDAD PARA ASIMILAR LA INFORMACIÓN
- 7.2.9. CAPACIDAD DE ANÁLISIS Y SÍNTESIS
- 7.2.10. REPROGRAMACIÓN EN EL CONTROL DE OBRA. LOS IMPREVISTOS EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA
- 7.2.11. INCORPORAR LAS FUNCIONES AJENAS

7.3. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN ANALIZADOS EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DESEADAS.

CAPÍTULO 8

NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN. CONCLUSIONES.

8.1. NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

8.2. CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEJOS

ANEJO I. EXTRACTO DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO



Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero. Burgos. (B.I.C.)
Arquitectos: José manuel Álvarez Cuesta Javier Garabito López
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

INTRODUCCIÓN

“Si cerráis la puerta a todos los errores, también la verdad se quedará fuera.”

Rabindranath Tagore

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un **gran vacío de instrumentos de programación específicos a las peculiaridades de las obras de restauración** de monumentos.

Usualmente, por semejanza con la programación de obras de nueva planta, se aplica el **método Gantt**. Método inadecuado por la gran rigidez del mismo, por no recoger las interrelaciones entre las distintas actividades y por no reflejar las holguras de las actividades ni las rutas críticas o subcríticas.

Los otros instrumentos de programación utilizados en la edificación, con menos frecuencia, son adaptados a la construcción desde la industria. Métodos como PERT, CPM, ROY, Precedencias, etc.... mucho más completos y complejos son muy poco conocidos por profesionales no especializados en la programación de las obras.

Con este panorama, la programación de las obras de restauración es un mero trámite administrativo para cumplir el expediente. Los programas de obra se incumplen sistemáticamente aduciendo causas razonables que no razonadas.

La construcción, a diferencia de la industria en serie, ofrece grandes dificultades para la adecuada programación, como son: temporalidad de las obras, climatología, etc....

A todas estas dificultades, en las obras de restauración se añaden otras de especial relevancia (estudios y análisis previos al proyecto, necesidad de informes y dictámenes especializados durante su ejecución y, con frecuencia, cambios en los criterios de intervención para adaptarlos a las nuevas circunstancias de obra sobrevenidas, etc. ...) y todo ello enmarcado en las especiales peculiaridades derivadas de estar interviniendo en un monumento, que al gozar de tal consideración, tiene la condición de irremplazable.

OBJETIVOS Y PLAN DE INVESTIGACIÓN DE LA TESIS

OBJETIVOS:

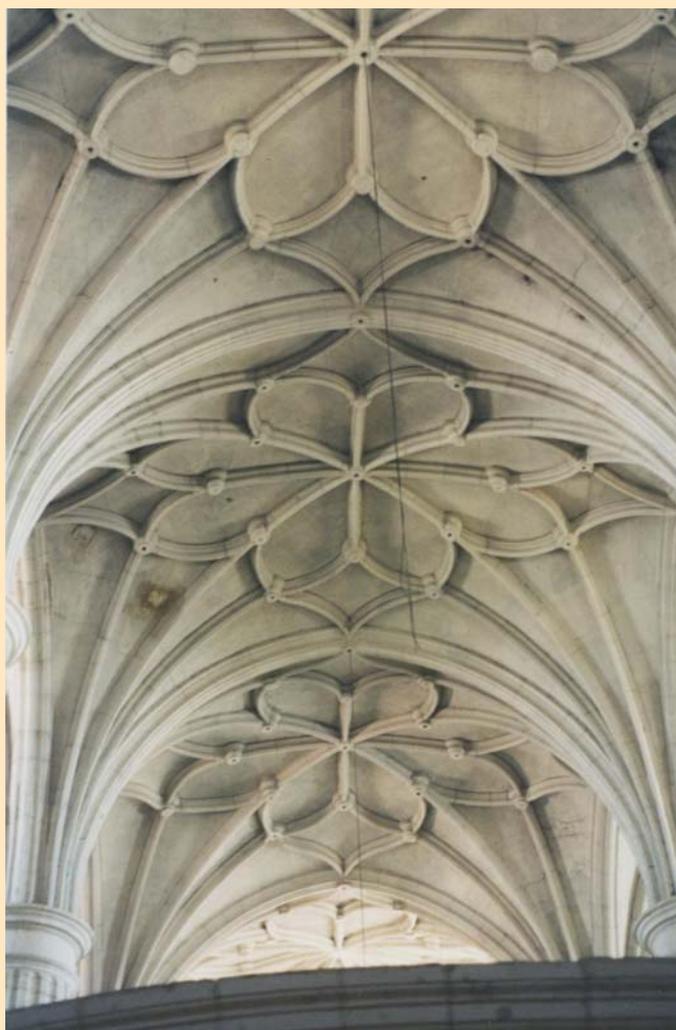
1. Buscar un instrumento de programación, que siendo útil para la construcción de edificios de nueva planta en general, se adecue a las particularidades de las obras de restauración del Patrimonio Monumental.
2. Buscar la mayor simplicidad posible de comprensión que sin duda tiene el diagrama de barras, dando respuesta al mismo tiempo a las peculiaridades que este tipo de trabajos nos plantean y consiguiendo la información suficiente que nos permita programar y controlar las obras de restauración proyectadas.

Alcanzar estos objetivos me parece una aportación especialmente interesante para la correcta planificación y programación de las intervenciones de restauración, rehabilitación y conservación del ingente patrimonio monumental.

PLAN DE INVESTIGACIÓN

Una vez indicada la necesidad, conveniencia y originalidad de la propuesta realizada, es necesario enunciar las distintas etapas en que, con la flexibilidad necesaria, me propongo llevar a cabo los trabajos de investigación necesarios:

1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES QUE HABRÁ DE REUNIR EL INSTRUMENTO DE PLANIFICACIÓN DESEADO. Entre otras: Claridad gráfica, facilidad de informatización, simplicidad de manejo, flexibilidad para introducir cambios, información que debe facilitar,...
 2. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PROGRAMACIÓN MAS COMÚNMENTE UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD, como son GANTT, PERT, CPM, ROY, Precedencias,...determinando el grado de adecuación a las necesidades anteriormente planteadas.
 3. ESPECIFICIDAD DE LAS ACTIVIDADES que concurren en obras de restauración (Estudios históricos, análisis patológicos, estudios arqueológicos y petrológicos,...) e incidencia de FACTORES EXTRÍNSECOS (climatología, accesibilidad,...) e INTRÍNSECOS (valor arquitectónico y artístico; mantenimiento de la actividad durante la ejecución de las obras: social, cultural o religiosa,...) en la planificación de la actuación sobre un monumento patrimonial.
 4. APLICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS que mejores condiciones reúnan según el apartado 2º en la programación de un proyecto real, valorando las ventajas e inconvenientes encontrados.
 5. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS ANALIZADOS en función del grado de satisfacción alcanzado como respuesta a las necesidades planteadas.
 6. Conclusión: ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DEL MÉTODO DE PROGRAMACIÓN recomendado en función de los estudios realizados.
 7. COMUNICACIÓN DE LOS AVANCES CIENTÍFICOS mediante el depósito y lectura de la Tesis Doctoral.
-



Restauración de la Iglesia de Santa María de Roa. (Ex Colegiata). Burgos. (B.I.C.)
Arquitecto: Javier Garabito López
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

CAPÍTULO 1.

LA RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO MONUMENTAL. CONCEPTOS GENERALES. EVOLUCIÓN TEÓRICA DE LOS CRITERIOS DE INTERVENCIÓN E IMPLICACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS.

“No hay normas o muestras para la producción de una gran obra de arte. No sería arte sino fabricación sobre medida”.

John Ruskin

1.1. INTRODUCCIÓN.

El objeto de esta tesis doctoral es analizar los métodos de programación y control de obra existentes y buscar el más adecuado para organizar las obras de restauración.

Con este objetivo el primer capítulo esboza el **concepto de restauración** y las **diferentes teorías del restauo**, surgidas **a lo largo de la historia** de la arquitectura.

De este modo podremos establecer la importancia de definir correctamente los criterios de intervención de una restauración, la importancia de la reflexión previa a la intervención, la necesidad de buscar soluciones constructivas reversibles y esbozar a grandes rasgos el intenso debate intelectual y práctico sobre estas acciones de restauración como transmisoras del legado cultural de nuestra sociedad.

La Real Academia Española de la Lengua establece la siguiente definición de **restauración**:

(Del latín restauratio, restorationis).

1. f. Acción y efecto de restaurar.

Y de **restaurar**.

(Del latín restaurare).

1. Recuperar o recobrar.
2. Reparar, renovar o volver a poner algo en el estado o estimación que antes tenía.
3. Reparar una pintura, escultura, edificio, etc., del deterioro que ha sufrido.

Cesare Brandi **distingue entre la restauración de cualquier objeto y la Restauración de una obra de arte**. De este modo: *“La restauración constituye el momento metodológico del reconocimiento de la obra de arte, en su consistencia física y en su doble polaridad estética e histórica, en orden a su transmisión al futuro”¹*.

De esta definición de Restauración Cesare Brandi decanta **dos axiomas** sobre los principios de la restauración en su ejecución práctica. El primer axioma es que *“se restaura sólo la materia de la obra de arte”* y el segundo que *“la restauración debe dirigirse al restablecimiento de la unidad potencial de la obra de arte, siempre que esto sea posible sin cometer una falsificación artística o una falsificación histórica, y sin borrar huella alguna del transcurso de la obra de arte a través del tiempo”²*.

Entre todas las definiciones de patrimonio la que encuentro mas adecuada es la que considera arquitectura patrimonial a la que por sus cualidades o significados debe perdurar para su fruición por las generaciones venideras, **arquitectura perdurable**³.

¹ BRANDI, CESARE. (2002). *“Teoría de la Restauración”*. Alianza Editorial S.A. Página 15.

² BRANDI, CESARE. (2002). *“Teoría de la Restauración”*. Alianza Editorial S.A. Páginas 16 a 28.

³ RIVERA BLANCO, JAVIER. *“El Patrimonio y la Restauración arquitectónica. Nuevos conceptos y fronteras”*. Ponencia de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo. Publicada en *“Patrimonio, Restauración y Nuevas tecnologías. PPU”* J. Rivera y otros. Instituto Español de Arquitectura. Universidad de Valladolid, 1999. Página 18.

Como indica el Catedrático de Historia de la Restauración de la Universidad de Valladolid D. Javier Rivera Blanco, uno de los conceptos de arquitectura realizada con la intención de perdurar y permanecer, con la de conservar ésta por sus valores como legado de nuestros antecesores.

El concepto tradicional de patrimonio arquitectónico, como patrimonio tangible, ha sido ampliado los últimos años a patrimonio cultural como herencia material y espiritual, incluyendo lo inmaterial y espiritual, lo etnológico, lingüístico, lo popular y tradicional, como un ecosistema, un lugar de la memoria, un escrito,... este es el espíritu de la Ley de Patrimonio Cultural de Castilla y León, Ley 12/2002 de 11 de julio.



Restauración de la ex Colegiata de Roa de Duero. (B.I.C.). 1999.

La estructura de la cubierta presentaba un importante valor documental, por lo que se respetaron todos los elementos estructurales sanos, sustituyendo los dañados.

Arquitecto: Javier Garabito López

Aparejador: Lucio Mata Ubierna

1.2. BREVE HISTORIA DE LA RESTAURACIÓN MONUMENTAL

La definición y el concepto de Restauración ha variado sustancialmente durante la historia.

Dentro de la liturgia cristiana medieval **restaurar** significa **recuperar la dignidad** de un lugar que ha sido profanado.

Hasta mediados del siglo XVIII se consideraba restaurar una obra como actuar de forma innovadora en la misma, con la consideración que se tenía de esta obra en ese tiempo.

En la concepción del cristianismo, restaurar era sinónimo de devolver el carácter sacro del lugar, por herencia de la cultura greco – romana, el *genus loci*. Se podría llegar a sustituir la edificación a restaurar para **resacralizar** el lugar.

Con el **Renacimiento** se inicia la conciencia de conservación del pasado, el greco romano, denostando el arte bárbaro. Figuras como el Papa humanista Pío II, con la bula *Cum album nostram Urbem* representan el cambio de dirección del concepto de restauración.

También es significativa la carta escrita por el pintor Rafael al Papa Borgia Alejandro VI para la restauración y el cuidado de los monumentos romanos.

Los objetos legados del pasado greco – romano eran idolatrados por su significado antiguo como tipologías constructivas y ornamentales, para una superación de éstos, no como referencia de la memoria histórica a transmitir en el futuro.

León Battista Alberti (Génova, 14 de febrero de 1404 - Roma, 25 de abril de 1472), como arquitecto y tratadista, establece la primera teoría para actuar sobre la arquitectura existente desde el clasicismo. Partiendo del principio clasicista de la correspondencia de las partes entre sí y de éstas con el todo, plantea tres posibles opciones para actuar sobre una arquitectura preexistente:

1. Continuar el edificio con el estilo antiguo.
2. Lograr un equilibrio entre el estilo primitivo y el contemporáneo.
3. Ocultar la estructura y decoración antiguas con una membrana en el interior y en el exterior.

Estas tres soluciones fueron utilizadas por Alberti y durante el Renacimiento, Barroco e incluso Neoclasicismo.

Con el **Clasicismo** se inicia una nueva etapa, con la conciencia crítica de la historia, que distinguía perfectamente entre el pasado y el presente, considerando que el pasado no era una etapa inconclusa, como en el Renacimiento, que se tenía que completar o incluso superar, sino que existían ciclos de arte completos, que se podían valorar o estudiar para lograr la modernidad.

Durante el reinado napolitano de Carlos III se inician los trabajos de excavación de las ruinas de Pompeya y Herculano, con criterios científicos.

Un punto de inflexión en la historia de la restauración monumental es el **Decreto de la Convención Nacional del II año de la Iª República Francesa**, del año 1794, para desligarse y sancionar los actos de vandalismo revolucionario contra el patrimonio histórico, y evitar la desaparición de obras de arte consideradas como señas de identidad del Antiguo Régimen, textualmente dice lo siguiente:

“Los ciudadanos no son más que los depositarios de un bien del que la comunidad tiene derecho a pedirles cuentas. Los bárbaros y los esclavos detestan la ciencia y destruyen las obras de arte, los hombres libres las aman y las conservan”.

Con este documento el Estado asume la responsabilidad de conservar el patrimonio como legado para las generaciones futuras, por el interés público de los monumentos, con independencia de su significación religiosa o social.

De este modo se tenían que establecer qué monumentos deberían ser conservados, por sus valores arquitectónicos, y el modo de realizar esta labor de transmisión de los mismos. Así surge el Catálogo Monumental o inventario de monumentos y la Teoría de la Restauración.

Los arquitectos ya no pueden actuar libremente en la conservación de los monumentos ya que su labor será supervisada por el estado, dado el interés público de éstos.

El Estado Francés creó la Inspección General de Monumentos. Entre sus directores generales se encontraban Ludovico Vitet y Próspero Merimée, que tuvo como brazo ejecutor a su amigo Viollet-le-Duc.

Con estos planteamientos teóricos de partida, surgen en el mismo periodo de tiempo dos escuelas de restauración distintas: en Francia surge el llamado **Restauo Stilístico**, con la figura de Viollet-le-Duc, y en Italia el **Restauo Archeologico**, con los arquitectos Stern, Valadier, Camporesi, Camuccini o Canina.

1.2.1. EL RESTAURO ARCHEOLÓGICO:

El **Edicto del Papa León XII**, firmado el 18 de septiembre de 1825, con motivo de las propuestas de restauración de la basílica de San Paulo fuera de Roma después de su incendio, sienta las bases:

“Ninguna innovación debe introducirse en las formas y en las proporciones arquitectónicas y ninguna en la ornamentación del nuevo edificio, sino es para excluir alguna cosa que en épocas posteriores a su primitiva fundación fue introducida a capricho de la época”.

Se establecen dos principios:

1. No se puede realizar innovaciones ni otras acciones que cambien la morfología del monumento.
 2. Establece la unidad formal del monumento, como obra concebida unidad completa.
-

La “**unidad de estilo**” así planteada es mucho más respetuosa que la planteada en el Restauo Stilístico francés de Viollett, ya que los medios materiales de estas intervenciones italianas son mucho más modestos que los franceses y se opera sobre todo en ruinas.

Así, en la restauración arqueológica se complementa o consolida los edificios, estudiándolos científicamente, una vez excavados arqueológicamente y dibujados. Esta recomposición puede ser con piezas propias del edificio o con reproducciones, siendo estas diferenciadas de las partes originales (**anastylosis**).

Numerosas teorías posteriores se decantarán por estos principios, como recogen hoy en día los postulados de diversos organismos internacionales de restauración ICOMOS o el ICCROM.

Esta restauración defiende también el estudio comparativo con edificios similares del entorno regional del monumento. Un tipo de construcciones restauradas de esta manera son los edificios romanos especialmente del foro, como el arco de Tito restaurado por Raffael Stern y por Giuseppe Valadier, o la consolidación del Coliseo de Roma, realizada por los mismos arquitectos.

Como bien expresa Antón Capitel: *“Esta escuela italiana acusa así desde un primer momento la cuestión dialéctica más importante de la idea de Restauración: la necesidad del rescate de un edificio del pasado, parcialmente perdido o lacerado, enfrentada a la posibilidad global de recobrarlo realmente. Los arquitectos romanos orillaron la contradicción con brillantez y soltura en el Coliseo, apoyados en su escala y en sus particulares condiciones. En elementos menores, como el Arco de Tito, se arriesgaron con un sutil equilibrio entre la proximidad de un lenguaje apoyado en la arquitectura propia y la realidad premeditadamente cuidada de su diferencia”*.⁴

1.2.2. EL RESTAURO STILISTICO:

Superados los actos de vandalismo contra los signos y símbolos del Antiguo Régimen después de la Revolución Francesa, y para terminar así mismo con el expolio de los contratistas dedicados a la recuperación de materiales de restos medievales para su empleo en obras nuevas (denominados como la “*bande noire*” por los defensores del patrimonio medieval) con el Decreto de la Convención Nacional del 11 de febrero de la 1ª República Francesa, del año 1794, el **Estado francés asume la tutela del patrimonio** edificado iniciando importantes obras de restauración.

Este movimiento restaurador es impulsado desde varios ámbitos culturales, sociales y políticos, con figuras como el escritor Víctor Hugo o ministros como Guizot. La República francesa crea el organismo estatal de la Inspección General de Monumentos.

El proceso restaurador busca la mayor similitud con el estilo, tanto en época como en lugar, al que se adscribe el monumento, tratando de alcanzar el estilo ideal, a partir de la unidad formal. Se trata de alcanzar la “**unidad de estilo**”. Para lograr la autenticidad antes de intervenir en la edificación se analizan las partes originales o los restos y por analogía,

⁴ CAPITEL, ANTÓN. (1988). *“Metamorfosis de monumentos y teorías de la restauración”*. Alianza Editorial. Madrid. Página 17.

basándose en los conocimientos de la historia del arte, se podría concluir la edificación, logrando la perfección estilística.

La **autenticidad como perfección de estilo**, sin importar la materia. Forma y proporción.

De este modo se justificaba así mismo la **demolición de añadidos** o actuaciones posteriores a la fecha de la concepción original del edificio, en busca de la unidad de estilo. Se propugna la integración estilística.

Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc, (París, 1814 - Lausana, Suiza, 1879) Arquitecto y teórico francés. Destacó especialmente en su papel como restaurador de edificios y teórico de la arquitectura, influyendo en el pensamiento occidental del siglo XIX, y en los restauradores españoles del siglo XIX. Su idea básica fue devolver al edificio su forma original (forma prístina), o como debería haber sido su forma original.

Se le encargó la restauración de la catedral de Notre-Dame, junto con Lassus, así como la construcción de una nueva sacristía, gesto que vino a ser el reconocimiento oficial del movimiento de recuperación del gótico (Gothic Revival) en Francia. También construyó iglesias de nueva planta en estilo gótico, como Saint-Denis de l'Estreé en Saint-Denis o Saint-Giner en Carcasona.

Entre sus vastísima obra escrita sobre arquitectura destacan los diez tomos del *Dictionnaire raisonné de l'Architecture Française* (1854-1868), donde recoge sus conceptos e ideas sobre la restauración y *Diálogos sobre arquitectura* (1875).

Viollet en sus escritos compendió las teorías de restauración existentes en Francia, como los principios de Quatremère, Vitet o Merimeé, y como indica el catedrático Rivera Blanco, supo dar **contenido al concepto de la repristinación**, para lograr la integridad estilística, a partir de dos instrumentos:

1. *“La historia de cada época configura un estilo que se distinguía por su repertorio filológico y formal, lo que permite establecer después de estudiarlos arqueológicamente lo que se denominará “las reglas generales del estilo”.*
2. *Siguiendo el conocimiento de los estilos de cada época y planteándolos proyectualmente de cara a la restauración de monumentos le permitirá establecer los criterios analógicos del proyecto de intervención para conseguir el repristinamiento.”⁵*

En sus teorías referentes a la restauración defendía **el respeto absoluto al original**, pero añadía a sus obras elementos embellecedores que a menudo confundían sobre la imagen inicial del edificio restaurado.

Así mismo, defendió un **modelo racionalista para la arquitectura** que debía ser un reflejo de las necesidades, los materiales y la tecnología de cada momento, aunque en su obra de nueva planta siempre mantuvo un estilo ecléctico.

Entiende la restauración arquitectónica como una disciplina autónoma y diferenciada de la edificación de la arquitectura de nueva planta.

Su **doctrina** se puede resumir en estos puntos:

⁵ RIVERA BLANCO, JAVIER. (2001). *“De Varia Restauratione. Teoría e Historia de la Restauración Arquitectónica”*. R&R. Editorial América Ibérica. Página 119.

1. Cada edificio o parte debe ser restaurada en el **estilo original** para lograr la unidad de estilo.
2. Hay que tener presente el **estilo general** y la **escuela concreta**, así como su evolución a lo largo del tiempo.
3. No hay ningún edificio sin **añadidos** y dependiendo del caso se conservarán o eliminarán.
4. Estudio profundo de **materiales y comportamiento** del edificio. Advierte sobre el peligro de trastocar el equilibrio estructural de los edificios al sustituir algún elemento y de lo arriesgado de trabajar con hipótesis y no con datos comprobados (aconseja el uso de placas fotográficas impresionables).
5. El arquitecto debe estar en contacto con los obreros. Crear grupos de **obreros especializados**.
6. **Los edificios han de tener un destino**, una finalidad. Los edificios cerrados no duran. *“La mejor manera de preservar un edificio es hallar un uso para él”*. Se opone al criterio arqueológico del mantenimiento romántico de los edificios como *“curiosas ruinas, ruinas sin propósito y sin utilidad real”*.
7. El arquitecto debe emplear los **avances tecnológicos**. El arquitecto restaurador debe ponerse en el lugar de los que diseñaron el original, entender su espíritu, pero no tiene que realizar una copia servil, sino que tiene que afrontar las situaciones actualizándolas al momento presente, con la tecnología actual. Viollet dice: *“Si debiendo hacer de nuevo una cubierta de un edificio el arquitecto rechaza la construcción en hierro porque los maestros medievales no habían usado nunca tal sistema, cometería a nuestro entender un error, pues se evitarían así los terribles peligros de incendio que han sido tantas veces fatales para nuestras construcciones antiguas”*.

Para lograr el ideal estilístico partía de la unidad formal que conducía a la unidad de estilo.

Si al eliminar añadidos posteriores a la concepción original del edificio se creaban vacíos o la edificación se encontraba inconclusa el restaurador debería completar la obra para lograr la perfección del estilo. Llegó a escribir **“restaurar un edificio no significa conservarlo, repararlo o rehacerlo, sino obtener su completa forma prístina, incluso aunque nunca hubiera sido así”**.

El restauro Stilístico de Viollet guió a los restauradores europeos durante todo el siglo XIX, e incluso en ciertos países hasta bien entrado el siglo XX. Reapareciendo sus teorías en circunstancias muy determinadas, sobre todo después de las grandes guerras, cuando se tuvo que actuar en el patrimonio monumental destrozado y expoliado. Alcanzó su máximo reconocimiento en España al ser nombrado académico de mérito.

Gracias a las restauraciones realizadas por Viollet se salvaron un gran número de monumentos, por sus conocimientos arqueológicos, históricos y su gran dominio de las técnicas constructivas y proyectuales.

Este no es el caso de varios restauradores seguidores de sus teorías que cometieron graves atropellos al patrimonio, recreando falsos monumentos con interpretaciones estilísticas totalmente erróneas y arbitrarias y creando falsos históricos, al no distinguir los elementos propios del original de las aportaciones.

Las críticas a las teorías y las restauraciones de Viollet surgieron rápidamente, destacando, como polo opuestos las personalidades de John Ruskin y William Morris en la Inglaterra de finales del siglo XIX.

1.2.3. LA RESTAURACIÓN ROMÁNTICA. “ANTI – RESTAURATION MOVEMENT”.

“Our duty is to preserve what the past has had to say for itself, and to say for ourselves what shall be true for the future.”

John Ruskin

En la Inglaterra colonialista, surge el **Anti – Restoration Movement**, como contraposición al restauo Stilístico de Viollet, con dos figuras de especial relevancia: **John Ruskin y William Morris**.

John Ruskin, considerado uno de los teóricos del arte más originales del siglo XIX inglés, nació en 1819 y falleció en 1900 en Inglaterra. Es uno de los padres del medievalismo del XIX, y soporte teórico del movimiento Arts and Crafts y de los Prerrafaelistas.

Ruskin fue un niño precoz, con una educación aislada y protegida, en el seno de una familia muy acomodada. Su afición al arte y a la escritura se manifestó pronto, y su padre, que era comerciante de vinos, no dudó en apoyarle. Por motivos de salud su familia se trasladó a Italia en varias ocasiones.

Ruskin regresó a Oxford en 1842 para continuar sus estudios, y muy pronto empezó a trabajar en lo que sería su primer volumen de Pintores modernos. En 1845, sin sus padres, emprendió otro viaje a Italia, donde quedó prendado de su arquitectura medieval.

A su regreso completó el segundo volumen de Pintores modernos, que apareció en 1846. Se casó en 1848 con Euphemia Gray, pero el matrimonio no llegó a consumarse. El matrimonio emprendió varios viajes, que Ruskin aprovechó para tomar notas para su libro ***The seven lamps of the architecture***.

Enseguida comenzó a trabajar en ***The stones of Venice***, que apareció en 1851, y respaldó la creación de la Hermandad de los Prerrafaelistas. Trató con Rossetti, Burne-Jones y Millais, que se casaría después con Euphemia, la mujer de Ruskin, tras la separación por matrimonio no consumado.

Hacia 1860 la mente de Ruskin comenzó a declinar, llevada por fantasías obsesivas. Se sintió muy influido por la ética del reformador socialista Robert Owen, y totalmente contrario al utilitarismo de Bentham.

En 1869, a pesar de estar al borde de la depresión, comenzó a dar clases en Oxford, donde consiguió un éxito enorme como profesor.

En 1871 fundó la Compañía de San Jorge, a la que aportó un capital de diez mil libras. Cada miembro debía aportar a la misma el diez por ciento de sus ingresos.

En 1879 dejó de impartir clases en Oxford pretextando un enfrentamiento con el pintor James Whistler. En 1881 regresó a Oxford pero su mente no logró salir de la inestabilidad y sufrió varios ataques de depresión y obsesión.

Su autobiografía, titulada *Praeterita*, es para muchos su mejor obra, aunque la dejó inacabada tras su sexto ataque de enajenación mental.

Ruskin defiende la recuperación de la arquitectura medieval, con especial interés por la arquitectura de Venecia, y de la artesanía en el contexto de una encendida pasión religiosa.

Ruskin siempre creyó que **la naturaleza** es una revelación directa de la verdad de Dios. "*Modern Painters*", que publicó en 6 volúmenes entre 1843 y 1860 demuestra particularmente la forma en que se pueden usar fenómenos naturales como las nubes, piedras o árboles, para hacer pronunciamientos sobre leyes morales.

Con su libro "*The Seven Lamps of Architecture*" (1849) muestra las claves que hacen de la arquitectura un arte:

Las Siete Lámparas de la Arquitectura son las siguientes:

1. **Lámpara del sacrificio:** Considera a la arquitectura como el arte que dispone y adorna los edificios, separando de este modo a la arquitectura de la construcción.
2. **Lámpara de la verdad:** Ruskin considera tres tipos de **engaños**: los engaños de tipo estructural, (mentiras de construcción); los engaños de textura, los materiales fingen ser otros (falsedades sobre las superficies) y el empleo de adornos modelados o hechos a máquina.
3. **Lámpara de la fuerza.** Distingue entre dos tipos de edificios que impresionan: los delicados (a los que se les guarda cariño) y los imponentes en escala, peso y masa.
4. **Lámpara de la belleza.** Para Ruskin, la belleza ya existe en la **naturaleza**.
5. **Lámpara de la vida.** La visión de la obra como un todo, el concepto global de un edificio.
6. **Lámpara del recuerdo.** Considera a la arquitectura como la más poderosa de todas las artes por ser el medio ideal para transmitir la cultura de un pueblo. En este capítulo están reflejadas sus ideas sobre la **restauración**.
7. **Lámpara de la obediencia.** No se debe intervenir en un edificio ya iniciado por otro, sin tomar en cuenta lo que hizo el primero.

Con sus teorías sobre la restauración, el Anti – Restauo, representa el **polo opuesto a la Restauración Stilística** de Viollet-le-Duc, aunque sus escritos mas importantes sobre arquitectura y restauración, *The seven lamps of the architecture* (1849) y *The stones of Venice* (1851-1853), son anteriores a los escritos de Viollet y de hecho, el nunca escribió contra Viollet ni contra sus restauraciones, ya que le respetaba.

En su tiempo no fue muy conocido, como muestra su no presencia en las reuniones de arquitectos y teóricos de arquitectura sostenidas, solo a partir de la época victoriana, y sobre todo en Venecia, se tuvo en cuenta la **S.P.A.B.** (Society for the Protection of the Ancien Buildings) por la presencia del influyente William Morris. En el siglo XX la influencia de las teorías de Ruskin se produjo en el pensamiento sobre la restauración como consecuencia de la evolución de la idea conservacionista del patrimonio.

La arquitectura debe ser para la posteridad. En el apartado 18 de su libro de La Lámpara de la memoria o del Recuerdo desarrolla su teoría de la restauración: "**La**

restauración significa la destrucción más completa que puede sufrir un edificio,, destrucción acompañada de una falsa descripción del monumento destruido”.

Considera la restauración como una falsificación, un engaño, una destrucción de la obra, ya que según él *“es imposible, tan imposible como resucitar a los muertos, restaurar lo que fue grande o bello en arquitectura”⁶*.

Es necesario conservar los edificios tal y como han llegado al momento actual, ya que cualquier intervención en ellos los transformaría en nuevos edificios, puesto que *“no se evoca el espíritu del artista muerto, no se le podrá hacer que dirija otras manos y sentimientos”*. Las ideas y sensibilidades del artista creador pueden no ser entendidas o malinterpretadas por el restaurador de su obra.

También **ataca a las teorías restauradoras arqueológicas y a las racionalistas**, ya que las considera aleatorias y faltas del necesario rigor científico. *“En cuanto a la imitación absoluta es materialmente imposible ¿Qué imitación puede hacerse de unas superficies de las que ha desaparecido una media pulgada de espesor? Todo lo acabado de la obra estaba en la media pulgada desaparecida; si intentáis restaurar esto, no lo haréis sino por suposición; si copias lo que quede, aun admitiendo la posibilidad de hacerlo fielmente (y ¿qué cuidado y vigilancia nos lo garantiza?), ¿en qué el nuevo trabajo llevará ventaja sobre el antiguo?”⁷*.

No admite la restauración de los monumentos. **Apoya la conservación** a partir del cuidado de los edificios, para no tener que ser restaurados. *“El principio de los tiempos modernos... consiste en descuidar los edificios y luego restaurarlos. Pues tened cuidado de vuestros monumentos y no tendréis la necesidad de repararlos. Algunas hojas de plomo colocadas en tiempo oportuno sobre el techo, el desbrozamiento oportuno de la hojarasca y de las ramitas obstruidoras de un conducto, salvarán de la ruina los techos y muebles a la vez”⁸*. También admite acciones de consolidación estructural, aunque afeen la obra.

Idolatra la obra de arte, a la que compara con un organismo vivo, que nace, crece e irremediamente muere. En este punto, la pasividad ante la destrucción de la obra, sus seguidores no fueron tan radicales, aunque siempre trataron de intervenir lo mínimo necesario, a diferencia de los seguidores de Viollet.

William Morris (1834-1896) fue mucho más crítico con Viollet, criticando duramente sus restauraciones.

Morris escribe sobre la importancia de los entornos monumentales.

Es seguidor de la teoría conservacionista de Ruskin, aunque admite la restauración del monumento en circunstancias determinadas, siempre diferenciando los elementos añadidos del original.

⁶ RUSKIN, JOHN. (2000). *“Las siete lámparas de la arquitectura”*. (4ª edición renovada). Editorial Alta Fulla. Barcelona. Página 197.

⁷ RUSKIN, JOHN. (2000). *“Las siete lámparas de la arquitectura”*. (4ª edición renovada). Editorial Alta Fulla. Barcelona. Página 197.

⁸ RUSKIN, JOHN. (2000). *“Las siete lámparas de la arquitectura”*. (4ª edición renovada). Editorial Alta Fulla. Barcelona. Página 198.

Fue un gran divulgador de sus ideas proteccionistas del patrimonio y fundó en el año 1877 la asociación S.P.A.B. (Society for the Protection of Ancient Buildings). Esta asociación denunciaba los expolios contra el patrimonio, inicialmente en Inglaterra y posteriormente en toda Europa y Asia, mediante conferencias, y en ella surgió el Anti-Restoration Movement. Esta sociedad llegaría a denominarse popularmente como la “Anti Scrape”, antirraspaduras, aludiendo con ello su reinvidación de las texturas antiguas de los materiales de las edificaciones.

1.2.4. EL RESTAURO STORICO.

A finales del siglo XIX, en el entorno de Milán, los arquitectos italianos buscan **una vía intermedia entre la restauración estilística de Viollet y la actuación pasiva de Ruskin**. De este debate surgen dos nuevas escuelas de restauración, el **restauro storico y el restauro moderno**, encabezados respectivamente por Luca Beltrami y Camillo Boito.

Luca Beltrami (1854-1933), arquitecto, restauró el castillo de los Sforza en Milán, aplicando las teorías del Restauro Storico. Para recuperar la imagen original de la fortaleza construyó la gran torre central, basada en los dibujos originales de Filarete, sobre los restos de basamento. Esta actuación fue muy bien acogida por amplios sectores de la sociedad italiana, aunque posteriormente se ha demostrado que el dibujo de Filarete no era para esta localización.

El Restauro Storico se diferenciaba de la restauración estilística en que esta última buscaba la perfección del estilo, la unidad estilística, sin entender la particularidad del monumento, mientras que el restauro histórico planteaba la utilización de **criterios específicos y unitarios para cada restauración**, cada edificio necesitaría una actuación determinada. Este planteamiento es de gran modernidad y todavía está vigente hoy en día.

Este método está basado en principios razonables. El conocimiento de las fases constructivas del edificio, sea por el propio documento del edificio en sí o por grabados, planimetría o fotografías y el análisis profundo del monumento.

El problema se planteó en la falta de formación de los arquitectos en materia de comprensión de las fuentes documentales. Algunos grabados que se consideraban fidedignos no eran más que idealizaciones del monumento, por la que las restauraciones fueron personales y muy subjetivas.

Lo que se considera un avance es el estudio particularizado del monumento, en vez del estudio generalizado del estilo, propio de los seguidores de Viollet.

En el campo de la restauración histórica se incluyen todas las reconstrucciones de edificios ejecutadas tal y como eran, por disponer de la información suficiente, ya sea la casa de Mackintosh o el Pabellón de Barcelona de Mies Van der Rohe. Si se hubiesen realizado las reconstrucciones con la escuela de Viollet se trataría de subsanar los errores que perturbaban la pureza de estilo, y en cuenta a las teorías ruskinianas se opone a las mismas, ya que éstas permitirían la desaparición del monumento antes que su restitución formal.

La restauración más conocida y debatida fue la **reconstrucción del campanile de la Plaza de San Marcos de Venecia**, después de su hundimiento en el año 1902, utilizando

técnicas modernas para la estructura, como hormigón armado, pero realizando una copia literal del original.⁹

Sobre esta restauración, como referencia al restauro storico, escribe Cesare Brandi: *“La reconstrucción del Campanile de San Marcos, que es mas bien una copia que una reconstrucción, pero que funciona como tal por el ambiente urbanístico que venía a completar, plantea el problema de la legitimidad de la copia colocada en lugar de un original trasladado para su mejor conservación, o desaparecido. Ni desde la perspectiva histórica, ni desde la estética, se puede llegar a legitimar la sustitución de la obra con una copia, si no es allí donde la obra de arte suplantada tiene una mera función de elemento integrador, y no un valor en sí misma. La copia es una falsedad histórica y una falsificación estética, y, por lo tanto, puede tener una justificación meramente didáctica y conmemorativa”...* *“La nostálgica sentencia “como era, donde estaba”, es la negación del principio mismo de la restauración, y constituye una ofensa a la historia y un ultraje a la estética, al considerar reversible el tiempo y la obra de arte reproducible a voluntad”.*¹⁰

1.2.5. EL RESTAURO MODERNO.

Simultáneamente al desarrollo de la teoría del Restauro Storico, surge en el mismo entorno milanés el Restauro Moderno. Esta teoría será mejor aceptada en Europa y tiene a Camillo Boito como exponente.

Camillo Boito (1836-1914) Arquitecto, escritor y crítico de arte italiano, nacido en Roma y muerto en Milán. Estudió en la Academia de Bellas Artes de Venecia y después de recorrer Toscana fue nombrado profesor de arquitectura en la Real Academia de Milán (1860).

Como arquitecto construyó el Museo de Padua y el palacio de la Debite, y restauró varios monumentos, entre ellos la iglesia de San Antonio de Padua; como crítico es autor de varios tratados de arquitectura: *Scultura e pittura d'oggi* (Turín, 1877) o *Leonardo e Michelangelo* (Milán, 1878). Escribió además algunas novelas cortas: *Storielle vane* (1876), *Senso, nueve storielle* (1883), *L'anima di un pittore* (1885), etc.

Admirador de Viollet, por la pasión que tenía del mundo medieval, aunque le considera ya superado y **entusiasta de las teoría románticas de Ruskin**, sin admitir su visión fatalista del fin del monumento. Buscó una tercera vía de restauración.

Consideraba a Giuseppe Valadier, uno de los principales representantes del Restauro Archeologico, como el padre de todos los restauradores, admirando sus restauraciones del arco de Tito y del Coliseo. **Considera a Valadier como un restaurador científico**, ya que actuaba en las obras mostrando un gran respeto por las partes originales mientras que sutilmente recomponía y consolidaba el monumento.

Estos dos puntos son, para Boito, **las claves de la restauración**: defender la **memoria histórica del monumento** y **recuperar la imagen original del mismo**, sin caer en las exageraciones estilísticas de los violetianos. La restauración es a la vez arqueológica y proyectual, mientras que en el restauro stilístico solo era proyectual. También plantea la necesidad de dar un uso al monumento, recuperándolo de una cultura muerta.

⁹ RIVERA BLANCO, JAVIER. (2001). *“De Varia Restauratione. Teoría e Historia de la Restauración Arquitectónica”*. R&R. Editorial América Ibérica. Página 133.

¹⁰ BRANDI, CESARE. (2002). *“Teoría de la Restauración”*. Alianza Editorial S.A. Página 49.

Boito defiende la conservación antes que la restauración, en lo que coincide con Ruskin, oponiéndose radicalmente a las integraciones y a los completamientos de las obras inconclusas.

Considera los monumentos como fuentes documentales de la historia de la humanidad, oponiéndose a la repristinación.

Se opone a los ruskinianos por su pasividad fatalista, entendiendo que bajo ningún concepto se debe dejar morir un monumento.

Para el caso límite de ser necesaria la restauración o completamiento, por ser inviables la consolidación o reparación, establece sus famosos **ocho principios de actuación**.

Estos principios fueron expuestos en el III Congreso de Arquitectos e Ingenieros Civiles de Roma, en el año 1883, y son los siguientes:

1. Diferencia de estilo entre lo antiguo y lo nuevo.
2. Diferencia de materiales entre sus fábricas.
3. Supresión de molduras y decoración en las partes nuevas.
4. Exposición de las partes materiales que hayan sido eliminadas en un lugar contiguo al monumento restaurado.
5. Incisión de la fecha de actuación o de un signo convencional en la parte nueva.
6. Epígrafe descriptivo de la actuación fijada al monumento.
7. Descripción y fotografías de las diversas fases de los trabajos depositadas en el propio monumento o en un lugar público próximo, o publicación de todo ello.
8. Notoriedad visual de las acciones realizadas.

Estos principios no han sido superados hoy en día, por lo que la mayoría son plenamente vigentes.

Camilo Boito distingue tres tipos de obras de restauración:

1. Restauración arqueológica, de acción mínima, consolidaciones. Son edificaciones sin funcionalidad.
2. Restauración pictórica, con el sentido romántico de respetar el carácter antiguo y pintoresco del edificio medieval.
3. Restauración arquitectónica, de edificios clásicos.

Con las teorías de consolidación, reparación y restauración, esta última recogida en los ocho puntos anteriores, se inició en Europa un intenso debate contra las restauraciones estilísticas que estaban desvirtuando los monumentos con falsos históricos.

1.2.6. EL RESTAURO CIENTÍFICO.

Las ideas y teorías de restauración de Boito, respetadas hoy en día, fueron completadas y reformuladas por uno de sus seguidores más influyentes, Giovannoni.,

Gustavo Giovannoni (1873 – 1947), licenciado en Roma en Ingeniería Civil, pero con un gran interés personal en la historia de la arquitectura y de la restauración. Llegó a ocupar la cátedra de arquitectura general de la Facultad de Ingeniería de Roma y dedicó su vida a la investigación y a la docencia, con el objetivo vital de tutelar los monumentos.

Tomó parte en la creación de la Facultad de Arquitectura de Roma, en el año 1920, influyendo en sus planes de estudio con la creación de asignaturas vinculadas con la restauración, historia de la arquitectura y teorías de los estilos arquitectónicos.

Dada su formación técnica enfocó la historia de la arquitectura desde un punto de vista científico, estudiando las estructuras, los muros y las técnicas de construcción.

En cuanto a la teoría de la restauración, se dedicó a **desarrollar las teorías de Boito**, en el campo teórico y universitario, siendo el responsable de la aparición de una nueva generación de técnicos especializados en restauración, con una amplia preparación histórica y científica. Por este motivo a su escuela se la conoce como el Restauro Científico.

Sus teorías influyeron directamente en la Carta **de Atenas de 1931**, de la que es el más importante redactor, y en Italia, en la **Carta del restauro italiana de 1932**.

Su principio básico es “**fecundar del sentido del arte el sentido histórico**”. De este modo el monumento no se considerará aislado si no perteneciente a un espacio urbano determinado, del que no se puede desvincular.¹¹

Distingue entre **monumentos vivos** y **monumentos muertos**.

Monumentos muertos son aquellos pertenecientes a una cultura ya superada o que su uso ha perdido vigencia, como pueden ser las ruinas arqueológicas o las edificaciones defensivas (castillos, ciudadelas,...) que ya no cumplen con su función primigenia.

Los monumentos vivos son aquellos que mantienen sus usos originales o que pueden ser reutilizados para una función similar, con una mínima intervención.

De este modo considera que existen cinco posibles modelos de acción operativa:¹²

1. Consolidación
2. Recomposición
3. Liberación
4. Completamiento
5. Innovación

¹¹ RIVERA BLANCO, JAVIER. (2001). “*De Varia Restauratione. Teoría e Historia de la Restauración Arquitectónica*”. R&R. Editorial América Ibérica. Página 142.

¹² RIVERA BLANCO, JAVIER. (2001). “*De Varia Restauratione. Teoría e Historia de la Restauración Arquitectónica*”. R&R. Editorial América Ibérica. Página 142.

Establece que la **consolidación** es la más importante, ya que garantiza la perdurabilidad del edificio, con intervenciones técnicas, en las que se pueden emplear materiales actuales, como el hormigón armado, siempre que no sean visibles.

Admite la **recomposición**, empleando la anastylosis (recogiendo los elementos extraídos de la edificación, ya sea en el entorno o en los museos), llegando al **completamiento**, siempre que las piezas desaparecidas, y posteriormente reemplazadas, no dominen a las auténticas, y de algún modo se indique que son elementos actuales.

La **liberación** sólo podría emplearse cuando los añadidos a eliminar careciesen de valor y no se dejase el edificio desnudo.

No es partidario en absoluto, de realizar **innovaciones**, pero cuando fuese necesario hacerlas éstas deberían ser fácilmente identificables, fechadas y ejecutadas con formas esquemáticas, empleando materiales diferentes a los originales, para evitar el falso histórico.

Planteaba la conservación del monumento como documento histórico y, a la vez, artístico, por esto mismo es contrario a la intervención creativa en el mismo.

Todos los conceptos hasta este punto planteados por Giovannoni no son más que el desarrollo de las teorías de Boito. En lo que fue realmente innovador es en la **defensa de los centros históricos**, respetando el ambiente y **las arquitecturas menores**, que lo forman.

Giovannoni discrepó totalmente con las actuaciones urbanísticas hasta ese momento realizadas, con el aislamiento de los monumentos, la creación de los ensanches urbanos arrasando con el caserío original o la introducción de la arquitectura moderna en los cascos históricos de manera indiscriminada.

Consideraba que *“(las condiciones ambientales) tienen tanto valor, que al dañar la perspectiva de un monumento puede casi equivaler a su destrucción completa”*.

Para evitar estos daños irreversibles al ambiente plantea la teoría del **“diradamento”** (realizar esponjamientos en los barrios antiguos para poder dotarlos de las condiciones de salubridad necesarias, así como poder localizar dotaciones urbanas) en vez del **“sventramenti”** (demoliciones masivas de los barrios antiguos).

Sus teorías fueron recogidas en la Carta de Atenas de 1931 y en la Carta del restauro italiana de 1932.

1.2.7. LA CARTA DE ATENAS (1931)

Fue aprobada por la Oficina Internacional de Museos, dependiente de la Sociedad de Naciones.

La destrucción del patrimonio acaecida durante la I Guerra Mundial, produjo un intenso debate sobre la restauración del mismo, que concluye con la Carta de Atenas, en la que técnicos y restauradores, pretendían unificar los criterios de intervención en el patrimonio arquitectónico.

En dicha Carta, a lo largo de sus diez artículos, se plantean pautas de **intervención**, destacando la importancia de la **conservación**, la **educación en el patrimonio**, y se proponen **vías de colaboración internacional**.

El texto no tuvo un carácter normativo y no fue aprobado por todos los países, pero tuvo una fuerte influencia en Europa, especialmente en países como Italia (Cartas de Restauo Italianas de 1932 y 1972), o España (Ley del 13 de Mayo de 1933 sobre la defensa, conservación y acrecentamiento del patrimonio histórico-artístico español).

Plantea la necesidad de que todos los Estados, las instituciones y los grupos calificados defensores de la civilización se presten recíprocamente una colaboración cada vez más extensa y concreta para favorecer la conservación de los monumentos artísticos e históricos. En el caso de las obras maestras de la humanidad, sin menoscabo del derecho público internacional, puedan manifestar su interés para su protección, ya que en ellas la civilización ha encontrado su más alta expresión.

En cuanto a las teorías de protección de monumento, **propone abandonar las restituciones integrales** y evitar sus riesgos mediante el mantenimiento regular y permanente, para asegurar la conservación de los edificios. Cuando la restauración sea indispensable recomienda respetar la obra histórica y artística del pasado, sin menospreciar el estilo de ninguna época.

Recomienda **mantener**, cuando sea posible, **la ocupación** de los monumentos para asegurar su continuidad vital, siempre y cuando el destino moderno respete el carácter histórico y artístico.

Aprobó unánimemente la consagración en materia de conservación monumental del **derecho de la colectividad** en contra del interés privado, respetando el sacrificio que los propietarios deben hacer en el interés general.

Planteó la necesidad de que en cada Estado la autoridad pública fuese investida del poder para tomar medidas de conservación en casos de urgencia.

En cuanto a los principios y las técnicas de restauración expone lo siguiente:

- En el caso de las **ruinas**, plantea una escrupulosa **labor de conservación** y, cuando las condiciones lo permitiesen, se deberían recolocar los elementos originales encontrados (anastylosis). Los materiales nuevos necesarios para esta finalidad deberían ser siempre reconocibles. En cambio, cuando la conservación de ruinas sacadas a la luz en una excavación, fuese reconocida como imposible, en vez de destinarlas a la destrucción deberían ser enterradas de nuevo, después, del levantamiento. Planteaba la estrecha colaboración entre el arqueólogo y el arquitecto.
-

- En cuanto a los otros monumentos, aconsejaba que antes de cualquier obra de consolidación o de parcial restauración se hiciese una escrupulosa **investigación** acerca de **la patología** que se iba a subsanar.

Respecto al empleo de materiales modernos para la consolidación de los edificios antiguos aprobaba el empleo razonado de todos los recursos de la técnica moderna, muy especialmente del hormigón armado. Aunque estos medios de refuerzo deberían estar disimulados para no alterar el aspecto y el carácter del edificio a restaurar.

La Conferencia constataba la complicada situación en la que se encontraban los monumentos por las condiciones de la vida moderna. Recomendaba:

1. **Creación de equipos multidisciplinares** para la conservación del patrimonio.
2. La difusión por parte de la Oficina Internacional de Museos de estos resultados, mediante publicaciones regulares.

En referencia a la conservación de la escultura monumental, consideraba un error el traslado de esas obras fuera del contexto para el cual fueron creadas. Recomendaba la conservación de los modelos originales cuando todavía existiesen y la ejecución de copias cuando estuviesen faltando.

La Conferencia recomendaba **respetar**, al construir edificios de nueva planta, **el carácter y la fisonomía de la ciudad**, especialmente en la cercanía de monumentos antiguos, donde el ambiente debería ser objeto de un respeto especial. Igualmente se deberían respetar algunas perspectivas particularmente pintorescas. Planteaba el estudio del jardín histórico.

La Conferencia recomendaba la supresión de todos los anuncios, de toda superposición abusiva de postes e hilos telegráficos, de toda industria ruidosa e intrusa, en la cercanía de los monumentos artísticos e históricos.

Se planteaba la publicación en cada país de un inventario de los monumentos históricos nacionales, acompañado por fotografías y notas. También que cada Estado crease un archivo donde se conservasen los documentos relativos a los propios monumentos.

Los redactores felicitaban al gobierno griego por como habían conservado sus monumentos.

Consideraba que la mejor garantía de conservación de los monumentos y de las obras de arte viene del respeto del pueblo, para esto se necesitaba educar en el respeto y comprensión de nuestra herencia cultural, especialmente a la infancia y a la juventud. Defienden que la sociedad se mentalice de la conservación de ese patrimonio desde la escuela primaria.

La Carta de Atenas no solo sirvió de base para las Cartas de Restauo italianas o la legislación patrimonial de algunos países, sino para otros documentos internacionales, especialmente la Carta de Venecia y la Carta de Cracovia.

1.2.8. LA CARTA DEL RESTAURO ITALIANO (1932)

Redactada por el Consejo Superior de Antigüedades y Bellas Artes, para establecer las normas que deben regir la restauración de los monumentos, entendiéndose que estos principios se deben aplicar tanto a la restauración realizada por los particulares como a la de los entes públicos,

Se establecen los **principios** esenciales siguientes:

1. Prioridad a los cuidados continuos de **mantenimiento** en la obra de consolidación, encaminados a dar de nuevo al monumento la resistencia y la duración sustraída por los deterioros o las disgregaciones.
 2. La repriminización puede realizarse sólo cuando se base en datos absolutamente ciertos proporcionados por el monumento.
 3. En los monumentos lejanos ya de nuestros usos y de nuestra civilización, como son los monumentos antiguos, debe excluirse ordinariamente todo completamiento, considerando sólo la anastylosis; es decir, la recomposición de partes desmembradas existentes, con la adición eventual de aquellos elementos neutros que representen el mínimo necesario para integrar la línea y asegurar las condiciones de conservación.
 4. En los monumentos que pueden denominarse vivos se admiten sólo aquellos usos no muy diferentes a los destinos primitivos, de forma que en las adaptaciones necesarias no se efectúen alteraciones esenciales en el edificio.
 5. Deberán conservarse todos los elementos que tengan un **carácter artístico o de recuerdo histórico**, no importa a que época pertenezcan, sin que el deseo de unidad estilística y de retorno a la primitiva forma intervenga para excluir algunos en detrimento de otros, y sólo puedan eliminarse aquéllos, como los cerramientos de ventanas e intercolumnios de pórticos, que, privados de importancia y de significado, representen afeamientos inútiles; además el juicio sobre tales valores relativos y sobre las eliminaciones correspondientes, debe, en cualquier caso, ser acertadamente discutido y no remitido a un juicio personal del autor de un proyecto de restauración.
 6. Junto al **respeto por el monumento y sus diferentes fases**, se respeten sus **condiciones ambientales**, las cuales no deben ser alteradas por aislamientos inoportunos, por construcciones de nuevas fábricas invasoras por su masa, color o estilo.
 7. En los añadidos que se consideren necesarios, bien para lograr la consolidación, o para lograr el objetivo de una reintegración total o parcial, o para la utilización práctica del monumento, el criterio esencial que hay que seguir debe ser, además del de limitar tales elementos nuevos al mínimo posible, el de darles también un carácter de desnuda simplicidad y correspondencia con el esquema constructivo; y que sólo pueda admitirse en estilo similar la continuación de líneas existentes en los casos en que se trate de expresiones geométricas privadas de individualidad decorativa.
 8. En todo caso tales añadidos deben ser cuidadosa y claramente señalados o mediante el **empleo de material diferente al primitivo**, o con la adopción de marcas de contorno, simples y privadas de talla, o con aplicaciones de siglas o
-

epígrafes, de modo que nunca una restauración realizada pueda conducir a engaño a los estudiosos y representar una falsificación de un documento histórico.

9. Con el fin de reforzar la trabazón estática de un monumento y reintegrar la masa, se admiten todos los medios constructivos modernos.
10. En las excavaciones y exploraciones que sacan a la luz obras antiguas, el trabajo de liberación debe ser metódica e inmediatamente realizado con la sistematización de las ruinas y con la protección estable de las obras de arte halladas que puedan conservarse in situ.
11. Al igual que en la excavación, también en la restauración de monumentos debe ser condición esencial y taxativa que una documentación precisa acompañe los trabajos mediante informes analíticos recogidos en un diario de restauración e ilustrados con dibujos y fotografías, de forma que todos los elementos determinantes en la estructura y en la forma del monumento, todas las fases de las obras de recomposición, liberación, completamiento, queden registradas de modo permanente y seguro.

1.2.9. EL RESTAURO CRÍTICO.

Todo el proceso evolutivo de las teorías de la restauración se coartó violentamente con la Segunda Guerra Mundial (1939-1945).

Los métodos planteados de restauración, Restauro Moderno o Restauro Científico, eran minuciosos y razonados, pero de muy lenta aplicación, por lo que en la fase de la posguerra, con **Europa desbastada** en sus ciudades y en su población, se realizaron actuaciones de emergencia para reactivar la economía y dar trabajo a miles de operarios sin empleo.

Después de intensos debates se adoptaron las siguientes decisiones:

1. Si los daños eran localizados, se optaba por el reoprístino.
2. Si los daños eran considerables se recurría a una reconstrucción simplificada, que podía ser absoluta si se disponía de datos suficientes del monumento.
3. Si el estado era de deterioro absoluto o se dejaba el monumento por perdido, o se reconstruía totalmente empleando algún tipo de anastylosis.

Como es lógico, ante esta política de emergencia, surgieron protestas, sobre todo en Italia, e incluso teóricos que no planteaban recuperar el estadio anterior a la Segunda Guerra Mundial, sino replanteaban la teoría del restauro, superando a Boito o Giovannoni.

Esta teoría de restauración, conocida como el restauro Crítico estuvo encabezada por **Roberto Panne y Cesare Brandi**.

Contrariamente a los postulados de la Carta de Atenas, basarán su **filosofía en primar el valor artístico y arqueológico sobre el valor histórico**. Consideraban que Boito y Giovannoni entendían los monumentos como objetos de museo, dando excesiva importancia a los añadidos, que a veces restaban valor estético al propio monumento.

Consideran de gran importancia conservar los ambientes, el entorno y el urbanismo, con independencia de si hay o no monumentos.

Reivindican para los monumentos el tratamiento de proyecto arquitectónico, sin obviar el valor histórico del mismo. Así, el restauro crítico actuará con los siguientes **principios**¹³:

1. **“Individuar el valor del monumento”**. Realizar un acto crítico para establecer su calidad artística.
2. **Recuperar, restituyendo y librando, la “obra de arte”**

Las teorías de restauración del Restauro Crítico fueron los criterios mayoritariamente aceptados en la redacción de la carta de Venecia del año 1964.

1.2.10. LA CARTA DE VENECIA

La Carta de Venecia de 1964 fue redactada durante el II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos, en ella se puede ver perfectamente la influencia de la actividad restauradora que se produjo tras la Segunda Guerra Mundial, guiada más por motivos espirituales y culturales que por los criterios científicos por los que se abogaba en la Carta de Atenas, considerando las obras monumentales como portadoras del pasado y testimonio de las tradiciones seculares.

La preocupación de este documento sigue centrándose en lo arquitectónico pero ya amplia su ámbito de actuación del edificio a **todo el conjunto histórico** y al **ambiente urbano o paisajístico** que constituya el testimonio de una civilización particular, de una evolución significativa o de un acontecimiento histórico.

Considera la conservación y restauración de los monumentos como una **disciplina multidisciplinar**, cuya finalidad es salvaguardar tanto la obra de arte como el testimonio histórico.

Defiende la **conservación** de los monumentos como un mantenimiento sistemático que se ve siempre favorecida por el uso de los mismos en funciones útiles a la sociedad, siempre que no se alteren ni la distribución ni el aspecto del edificio. La conservación de un monumento implica la de sus condiciones ambientales. Cuando subsista un ambiente tradicional, éste será conservado; por el contrario, deberá rechazarse cualquier nueva construcción, destrucción y utilización que pueda alterar las relaciones de los volúmenes y los colores.

Establece que el monumento no puede ser separado de la **historia** de la que es testimonio, ni del ambiente en el que se encuentra.

Considera la **restauración como un proceso de carácter excepcional**, cuya finalidad es la de conservar y poner de relieve los valores formales e históricos del monumento y se fundamenta en el respeto a los elementos antiguos y a las partes auténticas. La restauración debe detenerse allí donde comienzan las hipótesis: cualquier trabajo encaminado a completar, considerado como indispensable por razones estéticas y teóricas, debe distinguirse del conjunto arquitectónico y deberá llevar el sello de nuestra

¹³ RIVERA BLANCO, JAVIER. (2001). “*De Varia Restauratione. Teoría e Historia de la Restauración Arquitectónica*”. R&R. Editorial América Ibérica. Página 152.

época. La restauración estará siempre precedida y acompañada de un estudio arqueológico e histórico del monumento.

Admite el uso de los **medios más modernos** de construcción y de conservación cuando las técnicas tradicionales se manifiesten inadecuadas.

Se opone a la unidad de estilo, ya que en la restauración de un monumento deben respetarse todas las aportaciones que definen la configuración actual de un monumento, con independencia de la época a la que pertenecen.

Cuando se empleen elementos destinados a reemplazar las partes que falten, deberán integrarse armoniosamente en el conjunto, **distinguiéndose de las partes originales**.

No pueden ser toleradas las adiciones si no respetan todas las partes que afectan al edificio, su ambiente tradicional, el equilibrio de su conjunto y sus relaciones con el ambiente circundante.

Plantea cuidados especiales para los **ambientes monumentales**, para salvaguardar su integridad y asegurar su saneamiento, su utilización y su valoración.

Los trabajos de excavación deben efectuarse de acuerdo con normas científicas. Además, deberán tomarse todas las iniciativas que puedan facilitar la comprensión del monumento descubierto, sin desnaturalizar nunca su significado. Deberá excluirse *a priori* cualquier trabajo de reconstrucción, considerando aceptable tan sólo la *anastylosis* o recomposición de las partes existentes, pero desmembradas. Los elementos de integración deberán ser siempre reconocibles.

Los trabajos de conservación, de restauración y de excavación estarán siempre acompañados por una documentación precisa, constituida por informes analíticos y críticos ilustrados con dibujos y fotografías.

1.2.11. LA CARTA EUROPEA DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO (1975) LA DECLARACIÓN DE ÁMSTERDAM (1975)

En el año 1975 el Consejo de Ministros del Mercado Común Europeo proclamó los principios de la **Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico**, dentro de la campaña del Año Europeo del Patrimonio Arquitectónico, organizada bajo los auspicios del Consejo de Europa.

Estos principios son:

1. *El patrimonio arquitectónico europeo está formado no sólo por los monumentos más importantes, sino también por los conjuntos que constituyen las ciudades y los pueblos tradicionales en su entorno natural o construido. Sólo se han protegido y restaurado los monumentos más importantes, sin tener en cuenta su contexto, pudiendo perder gran parte de su carácter si este contexto es alterado.*
 2. *La encarnación del pasado en el patrimonio arquitectónico constituye un entorno indispensable para el equilibrio y expansión del hombre.*
-

3. *El patrimonio arquitectónico es un capital espiritual, cultural, económico y social con valores irremplazables.* Lejos de ser un lujo para la sociedad, la utilización de este patrimonio es una fuente de economía.
4. *La estructura de los conjuntos históricos favorece el equilibrio de las sociedades.* Constituyen el medio apropiado para el desarrollo de un amplio abanico de actividades, impidiendo la segregación de las clases sociales.
5. *El patrimonio arquitectónico tiene un valor educativo determinante.*
6. *El patrimonio está en peligro.* Amenazado por la ignorancia, la degradación y por el abandono, y por determinado tipo de urbanismo que favorece su destrucción por la especulación inmobiliaria. Otras amenazas son el mal uso de la tecnología contemporánea, que arruina las estructuras antiguas, y las restauraciones abusivas.
7. *La restauración integral aleja estas amenazas,* como resultado de la acción conjunta de las técnicas de la restauración e investigación de las funciones apropiadas. La restauración integral no excluye la arquitectura contemporánea en los barrios antiguos, sino que ella deberá tener muy en cuenta el marco existente, respetar las proporciones, la forma y la disposición de los volúmenes, así como los materiales tradicionales.
8. *La restauración integral exige la puesta en marcha de medios jurídicos, administrativos, financieros y técnicos.*
9. *La colaboración de todos es indispensable para el éxito de la restauración integral.*
10. *El patrimonio es el bien común de Europa.* Los problemas de conservación son comunes a toda Europa y deben ser tratados de manera coordinada. Corresponde al Consejo de Europa asegurar la coherencia de la política de sus Estados miembros y promover su solidaridad.

En el Congreso de Amsterdam, realizado con motivo del *Año Europeo del Patrimonio Arquitectónico (1975)*, se reunieron personalidades de la política y profesionales implicados en la restauración, representando no sólo a Europa Occidental, sino también a Europa Oriental, a los Estados Unidos y a Canadá.

En la **Declaración de Amsterdam** se asumió completamente la *Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico*.

La noción de patrimonio arquitectónico abarca todos los conjuntos construidos, que se presentan como una entidad, no solamente por la coherencia de su estilo, sino también por la huella de la historia de los grupos humanos que allí han vivido durante generaciones, eliminando la jerarquía entre los conjuntos de mayor interés artístico y los de menor interés.

Considera la conservación del patrimonio arquitectónico como uno de los objetivos principales de la planificación urbana y de la ordenación del territorio. Es indispensable un diálogo permanente entre los conservadores y los urbanistas. Los urbanistas deben reconocer que los espacios no son equivalentes, no se deben limitar a superponer, sin coordinarlas, las normas ordinarias de planificación y las normas especiales de protección de edificios históricos. Para esto conviene elaborar el inventario de los monumentos, conjuntos arquitectónicos y sitios, incluyendo la delimitación de zonas periféricas de protección.

La **restauración integral es responsabilidad de los poderes locales** y necesita de la participación de los ciudadanos

Los edificios pueden variar su uso, respetando en todo su carácter, para responder a las condiciones de vida actual y garantizar así su supervivencia.

La toma en consideración de los factores sociales condiciona el éxito de toda política de restauración integral. Una política de conservación implica también la integración del patrimonio arquitectónico en la vida social. El esfuerzo de conservación debe ser valorado no sólo en relación con el valor cultural de los edificios, sino también con su valor de uso.

1.2.12. LA CARTA DE CRACOVIA DEL AÑO 2000 PRINCIPIOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CONSTRUIDO

Trascurridos casi cuarenta años desde la Carta de Venecia del año 1962, se firmó el 26 de octubre del año 2000 la Carta de Cracovia.

Este documento **mantiene la filosofía de la Carta de Venecia**, actualizando sus criterios a los cambios tecnológicos, jurídicos y culturales acaecidos.

Una innovación determinante, respecto a la Carta de Venecia, es la **apreciación de las culturas distintas a la Europea Occidental** y sus significaciones. Tanto la Carta de Atenas como la de Venecia se redactaron con un espíritu euro centrista hacia el patrimonio mundial. En la Carta de Cracovia conceptos como la autenticidad, que difieren completamente en nuestra cultura occidental de la oriental, han sido definidos, teniendo en cuenta la sensibilidad de las diferentes culturas.

En la Carta de Cracovia se plantean los siguientes objetivos y métodos:

- La conservación del patrimonio arquitectónico, urbano y paisajístico, así como los elementos que lo componen es nuestro objetivo. La **conservación** puede ser realizada mediante diferentes tipos de intervenciones como son el control medioambiental, mantenimiento, reparación, restauración, renovación y rehabilitación.
 - El **mantenimiento y la reparación** son una parte fundamental del proceso de conservación del patrimonio.
 - La conservación del patrimonio edificado es llevada a cabo según el **proyecto de restauración**, que incluye la estrategia para su conservación a largo plazo. El proceso incluye el estudio estructural, análisis gráficos y de magnitudes y la identificación del significado histórico, artístico y sociocultural. En el proyecto de restauración deben participar todas las disciplinas pertinentes.
 - Debe evitarse la **reconstrucción** en “el estilo del edificio” de partes enteras del mismo. La reconstrucción de partes muy limitadas con un significado arquitectónico puede ser excepcionalmente aceptada si esta se basa en una documentación precisa e indiscutible. Si se necesita, para el adecuado uso del edificio, la incorporación de partes espaciales y funcionales más extensas, debe reflejarse en
-

ellas el lenguaje de la arquitectura actual. La reconstrucción de un edificio en su totalidad, destruido por un conflicto armado o por desastres naturales, es solo aceptable si existen motivos sociales o culturales excepcionales que están relacionados con la identidad de la comunidad entera.

- Cualquier intervención que afecte al **patrimonio arqueológico**, debido a su vulnerabilidad, debe estar estrictamente relacionada con su entorno, territorio y paisaje. Los aspectos destructivos de la excavación deben reducirse tanto como sea posible. En cada excavación, el trabajo arqueológico debe ser totalmente documentado. Como en el resto de los casos, los trabajos de conservación de hallazgos arqueológicos deben basarse en el principio de mínima intervención.
 - La intención de la conservación de **edificios históricos y monumentos**, estén estos en contextos rurales o urbanos, es mantener su autenticidad e integridad, incluyendo los espacios internos, mobiliario y decoración de acuerdo con su conformación original. En muchos casos, esto además requiere un uso apropiado, compatible con el espacio y significado existente. Las obras en edificios históricos deben prestar una atención total a todos los periodos históricos presentes.
 - **La decoración arquitectónica, esculturas y elementos artísticos** que son una parte integrada del patrimonio construido deben ser preservados mediante un proyecto específico vinculado con el proyecto general.
 - **Las ciudades históricas y los pueblos**, representan una parte esencial de nuestro patrimonio universal y deben ser vistos como un todo, con las estructuras, espacios y factores humanos normalmente presentes en el proceso de continua evolución y cambio. Los edificios que constituyen las áreas históricas pueden no tener ellos mismos un valor arquitectónico especial, pero deben ser salvaguardados como elementos del conjunto por su unidad orgánica, dimensiones particulares y características técnicas, espaciales, decorativas y cromáticas insustituibles en la unidad orgánica de la ciudad.
 - Los **paisajes** como patrimonio cultural son el resultado y el reflejo de una interacción prolongada a través de diferentes sociedades entre el hombre, la naturaleza y el medio ambiente físico. Su conservación, preservación y desarrollo se centra en los aspectos humanos y naturales, integrando valores materiales e intangibles.
 - Las **técnicas** de conservación o protección deben ser producto de la investigación pluridisciplinar científica sobre materiales y tecnologías usadas para la construcción, reparación y/o restauración del patrimonio edificado. La intervención elegida debe respetar la función original y asegurar la compatibilidad con los materiales y las estructuras existentes, así como con los valores arquitectónicos. Cualquier material y tecnología nuevos deben ser probados rigurosamente. Cuando la aplicación “in situ” de nuevas tecnologías pueda ser relevante para el mantenimiento de la fábrica original, estas deben ser continuamente controladas y lograr la posibilidad de una eventual reversibilidad. Se deberá estimular el conocimiento de los materiales tradicionales y de sus antiguas técnicas así como su apropiado mantenimiento.
 - **La formación y la educación** en cuestiones de patrimonio cultural exigen la participación social y la integración dentro de sistemas de educación nacionales en todos los niveles. La complejidad de un proyecto de restauración, o de cualquier otra intervención de conservación que supone aspectos históricos, técnicos, culturales y
-

económicos requiere el nombramiento de un responsable bien formado y competente. La educación de los conservadores debe ser interdisciplinar e incluir un estudio preciso de la historia de la arquitectura, la teoría y las técnicas de conservación. Los profesionales y técnicos en la disciplina de conservación deben conocer las metodologías adecuadas y las técnicas necesarias y ser conscientes del debate actual sobre teorías y políticas de conservación.

En la Carta de Cracovia se introdujo, por primera vez definiciones terminológicas, como:

Patrimonio: Patrimonio es el conjunto de las obras del hombre en las cuales una comunidad reconoce sus valores específicos y particulares y con los cuales se identifica. La identificación y la especificación del patrimonio es por tanto un proceso relacionado con la elección de valores.

Monumento: El monumento es una entidad identificada por su valor y que forma un soporte de la memoria. En él, la memoria reconoce aspectos relevantes que guardan relación con actos y pensamientos humanos, asociados al curso de la historia y todavía accesibles a nosotros.

Autenticidad: Significa la suma de características sustanciales, históricamente determinadas del original hasta el estado actual, como resultado de las varias transformaciones que han ocurrido en el tiempo.

Identidad: Se entiende como la referencia común de valores presentes generados en la esfera de una comunidad y los valores pasados identificados en la autenticidad del monumento.

Conservación: Conservación es el conjunto de actitudes de una comunidad dirigidas a hacer que el patrimonio y sus monumentos perduren. La conservación es llevada a cabo con respecto al significado de la identidad del monumento y de sus valores asociados.

Restauración: La restauración es una intervención dirigida sobre un bien patrimonial, cuyo objetivo es la conservación de su autenticidad y su apropiación por la comunidad.

Proyecto de restauración: El proyecto, resultado de la elección de políticas de conservación, es el proceso a través del cual la conservación del patrimonio edificado y del paisaje es llevada a cabo.

1.3. IMPLICACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LOS CRITERIOS DE INTERVENCIÓN EN LA PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS

Históricamente el mantenimiento, conservación y restauración de los monumentos era responsabilidad de los maestros de obra, maestros canteros sobre todo, que guiándose por sus criterios y experiencia, y siguiendo las directrices planteadas por la propiedad realizaban su labor con alto grado de libertad.

Paralelamente a la evolución de las teorías sobre la restauración se plantea la necesidad de que la administración pública se implique en la protección del patrimonio monumental, como hemos visto en el apartado anterior con el Decreto de la Convención Nacional del II año de la Iª República Francesa, del año 1794 o las diferentes Cartas de restauración, como Atenas, Venecia o Cracovia o las Cartas del restauro italianas.

Hoy en día la **restauración** es una ciencia mucho **más compleja**, que implica a numerosos agentes sociales, **entidades públicas y privadas** y a las **administraciones públicas**.

Las administraciones públicas, sean estatales, autonómicas o locales, son responsables de la tutela y protección del patrimonio, a la vez que catalogan y clasifican los monumentos y su grado de protección.

Así mismo en cualquier obra de restauración hay que cumplir la legislación estatal, autonómica y las directrices internacionales que la afecte.

El restaurador no puede hacer de su capa un sayo y actuar a su libre albedrío ya que el proceso de restauración, y anteriormente el proyecto de restauración, tiene un **control y vigilancia por la administración**, que en términos de programación de obra implica la aparición de **actividades de espera**, hasta que la administración emita los informes pertinentes sobre los criterios de intervención en ese monumento determinado, ya sea en fase de proyecto o en la propia ejecución.

Desde la carta de Atenas se plantea la necesidad de colaboración entre los diferentes técnicos relacionados con la restauración (arquitectos, aparejadores, ingenieros, arqueólogos, historiadores,...) en definitiva, un **equipo multidisciplinar**. Durante el proceso restauratorio se necesitarán una serie de informes (de la piedra, estudios arqueológicos, ensayos de los diferentes tratamientos,...) que en **programación** se plantean como **funciones ajenas**.

Con la **especialización de los oficios** que requieren las obras de restauración tendremos que realizar con especial atención la **nivelación de recursos** para poder plantear las ligaduras y restricciones entre las diferentes actividades.

Afortunadamente debido a la tutela y control de las administraciones, la aparición de **imprevistos**, muy habituales en las obras de restauración, provoca retrasos lógicos en el calendario de obra. La solución de estos imprevistos en la **programación** de las obras de **restauración** casi siempre implica la necesidad de recurrir a **funciones ajenas**, que conllevan a estudios e informes de los especialistas en cada caso.

Por otro lado, la normativa de seguridad de salud cada vez es más exigente, especialmente en este tipo de obras, por lo que los medios de seguridad son más complejos. En la organización de obra tendremos que tener en cuenta el cumplimiento de

estas medidas de seguridad, por lo que será necesario plantear una **actividad de preparación de obra**, que consumirá el tiempo necesario para poder arrancar con la ejecución de la obra, en las mejores circunstancias de trabajo posibles.



Restauración de la portada de la **Iglesia de San Lorenzo, Burgos. 2004.**

Previa a la intervención y durante el proceso de restauración se tienen que realizar una serie de ensayos de tipo físico y químico; estudios petrográficos localizados; controles del proceso de fraguado y evolución de los morteros y de los distintos tratamientos utilizados. Entre éstos, análisis de sales y caracterización de pátinas.

Arquitectos: Javier Garabito López

José Carlos Garabito López

Aparejador: Lucio Mata Ubierna



Restauración de la Iglesia de San Esteban, Pineda de la Sierra. Burgos. (B.I.C.)
Arquitectos: Javier Garabito López José Carlos Garabito López
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

CAPITULO 2.

LA ORGANIZACIÓN, PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LAS OBRAS EN GENERAL

“No hay que acusar a las buenas teorías de las malas prácticas”.

Concepción Arenal

2.1. INTRODUCCIÓN

En el prólogo de la 2ª Edición del libro “La programación en la construcción” del que es autor Jesús Mateos Perera, realizado por Antonio Menéndez Ondina figura la frase siguiente:

“Estoy convencido que tú, Jesús, estarías mucho más feliz si no fuera necesaria esta segunda edición porque el tema estuviera superado y todo en la construcción indicara que la planificación de los trabajos por métodos científicos y el cumplimiento de plazos era un tema histórico, pero la realidad es muy distinta y casi no hemos avanzado nada como la terca realidad pone de manifiesto.”¹⁴

Es posible que no todos estén totalmente de acuerdo con la opinión expresada en tales términos de rotundidad, pero aunque me duela reconocerlo, se aproxima mucho a la realidad que percibo tanto en mi vertiente profesional de arquitecto como en la docente de Profesor Asociado de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos.

Partiendo de tan poco estimulante realidad y consciente de que es absolutamente necesario avanzar de manera decidida por las sendas que la INVESTIGACIÓN OPERATIVA nos ha trazado en las últimas décadas, intentaré con la mayor claridad que sea capaz y sin regatear ningún esfuerzo para conseguirlo, buscar el instrumento de Planificación, Programación y Control de las obras más adecuado posible para compatibilizar la deseada claridad y facilidad de uso que lo haga entendible y por lo tanto atractivo a los agentes implicados en el proceso edificatorio, con el necesario rigor científico acorde a los conocimientos actuales.

¹⁴ MATEOS PERERA, JESÚS. (2003). “*La programación en la construcción. El PERT en versión completa*”. (2ª edición ampliada y revisada). BELLISCO, Ediciones Técnicas y Científicas. Página VI.

2.2. CONCEPTOS

Con objeto de mantener la máxima claridad posible a lo largo de todo el trabajo voy a tratar de fijar el significado de algunos conceptos que considero básicos puesto que en ellos se fundamenta el estudio y análisis de los distintos métodos de Planificación y Programación de obras ya que con la introducción generalizada de estos métodos su lenguaje se ha especializado; aparte de los anglicismos recurrentes como “project manager”, “consulting” y demás, no es extraño oír en obra que interesa acelerar “una actividad” que está en “**ruta crítica**” en vez de terminar un trabajo que retrasa la obra, o hablar de “**holguras**” y “**recursos**”.

2.2.1. ORGANIZACIÓN

Entendemos por tal la acción de establecer o reformar una cosa, sujetando a reglas el número, orden, armonía y dependencia de las partes que la componen.

En la construcción se puede entender como el hecho de **sistematizar** y **racionalizar** el uso de maquinaria, medios auxiliares y materiales, así como la preparación más adecuada del personal de la obra con el objetivo de obtener un **mejor rendimiento** y una **mayor calidad** de las obras de edificación.

2.2.2. PLANIFICACIÓN

Es el hecho de realizar el plan o proyecto de una acción que se concreta en el caso de las obras de edificación en la **planificación primaria**, y que consiste en elaborar la **relación de actividades**, determinar su **duración** y los **recursos necesarios** para ejecutarlos, así como las **interrelaciones** (ligaduras) que debemos establecer. Esta planificación es de vital importancia, pues **condiciona** en gran medida la **programación de la obra**.

2.2.3. PROGRAMACIÓN

Es la acción de coordinar en el tiempo y en el espacio las distintas partes que intervienen y son necesarias para la realización de la obra, fijando la interdependencia entre ellos y materializándolo en un **calendario de obra**, en el que se fijan las fechas de ejecución de las actividades.

Esta definición se completa con la del profesor Enrique Carvajal Salinas que **define la programación** como la *“función que dentro de la planificación, prevé y coordina los recursos y trabajos con todo detalle y a corto plazo, considerando las circunstancias y condiciones que en el proceso edificatorio se van originando en cada momento, al objeto de aprovechar al máximo la capacidad de producción asignada a la obra y cumplir las fechas y costes determinados en los planes”*¹⁵.

¹⁵ Carvajal, Enrique. “Las funciones básicas de la producción en la construcción”. Centro Internacional para la conservación del Patrimonio (CICOP). 2001 ISBN/DL 84-607-2208-2.

2.2.4. EJECUCIÓN

Es la acción de materializar lo que estamos programando y de acuerdo con las previsiones realizadas en la programación.

2.2.5. CONTROL

Inspección, fiscalización, intervención de las obras y verificación de los **desvíos producidos**, adoptando las medidas necesarias para subsanar o al menos minimizar éstos.

2.2.6. EDIFICACIÓN

Obra o fábrica construida para habitación o usos análogos. Definición de la Real Academia de la Lengua.

La acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado. Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

2.2.7. ACTIVIDAD

Es cualquiera de las **partes en las que se divide un Proyecto**, a efectos de la **programación de la obra**, para cuya realización se requiere el empleo de tiempo y medios de producción. Su desarrollo ha de producirse de un modo continuado, sin saltos ni intermitencias y, por otra parte, los recursos que se adscriban a ella deberán permanecer asignados a la misma desde su comienzo hasta su terminación.

Según el profesor D. Juan Pomares Martínez, *“actividad, operación o tarea es el trabajo necesario para poder pasar de un suceso o acontecimiento al siguiente; exige consumo de tiempo (excepto las virtuales o ficticias, que no consumen) y medios (ejemplo; hacer la cimentación, el hormigonado, vigas de la planta primera, etc.)”*¹⁶

2.2.8. SUCESO

Son los **instantes temporales** que nos **indican el comienzo y final de cada una de las actividades** en que hemos dividido el proyecto, y se sitúan en los vértices o nudos de las redes de representación de los gráficos de programación (PERT, CPM).

Son instantes de referencia que no consumen tiempos ni medios.

2.2.9. UNIDAD DE OBRA:

Aquellas **partes de la obra** que tienen una cierta **unidad constructiva**, es decir que requieren el mismo personal, material o maquinaria especializada. Además son las que tienen el mismo precio en común.

El concepto actividad y el concepto unidad de obra son completamente diferentes. **Actividad** es un **concepto técnico vinculado a la ejecución** de la obra programada y **unidad de obra** es un **concepto administrativo ligado a su valoración**.

¹⁶ POMARES MARTÍNEZ, JUAN. (1977). *“Planificación gráfica de obras. Gantt – C.P.M. – P.E.R.T. – Roy ...”*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona. Página 37.

2.2.10. INVESTIGACIÓN OPERATIVA:

La investigación operativa nace y se desarrolla en el contexto militar (Segunda Guerra Mundial), y luego pasa a aplicarse en la industria. El desarrollo de estos conocimientos en el campo de la construcción se produjo posteriormente, con bastante retraso.

La investigación operativa consiste fundamentalmente en la **aplicación de métodos y técnicas matemáticas** a la hora de **tomar decisiones**, podrá resolver cualquier problema cuyos objetivos y condicionantes puedan traducirse a expresiones matemáticas.

La investigación operativa se basa esencialmente en tres modelos matemáticos:

Determinísticos: Parten de datos establecidos y fijados de antemano y en consecuencia nos conducen a **resultados ciertos**. Es el más utilizado en la industria de la construcción.

Probabilísticos: Parten de datos estadísticos y nos conducen a **resultados probables**, mas propios de la investigación.

Simulación: Reproducen o simulan mediante maquetas, programas de ordenador, etc. el objeto a estudiar y al someterlo a las acciones a las que va a estar expuesto vemos cuales son sus respuestas y en función de esto realizamos las modificaciones pertinentes.

Antes de la investigación operativa la decisión se tomaba de **forma intuitiva** y por una sola persona, ahora hay asesoramiento por **equipos multidisciplinares** para tomar la decisión.

2.3. LA ORGANIZACIÓN GENERAL DE LAS OBRAS.

2.3.1. ANTECEDENTES.

La **organización** existe desde siempre y ha sido **considerada como ciencia desde finales del siglo XIX** y principios del siglo XX. Algunos hitos de la organización serían los siguientes:

1. **Walter of Henley**, siglo XIII, plantea los conceptos de vigilancia, selección y adiestramiento de los trabajadores, rendimiento mínimo como trabajo a desarrollar en un periodo de tiempo, recursos apropiados... en una carta que un padre le dejó a su hijo para que cuidara la finca.
2. **Leonardo da Vinci**, siglo XV (1452 - 1519). Primer testimonio escrito sobre medición del trabajo mediante la descomposición del trabajo en partes.
3. **Perronet**, siglo XVIII. Describe por primera vez un ciclo completo de producción. (Ciclo completo de fabricación de alfileres).
4. **Charles Babbage**, siglo XIX. Divide el trabajo en fases. Plantea bonificaciones, maneja el concepto de la incentivación por primera vez.
5. **Frederick Winslow Taylor** (1856 - 1915). Está considerado como el “Padre de la organización científica del trabajo”. Comenzó a estudiar rendimientos y tiempos.
6. **Frank Bunker Gilbreth y Lillian Moller**, siglo XX. Contemporáneos de Taylor. Aportación de criterios psicológicos al estudio del trabajo.

2.3.2. VENTAJAS Y DIFICULTADES DE LA ORGANIZACIÓN DE UNA OBRA.

2.3.2.1. VENTAJAS DE LA ORGANIZACIÓN DE UNA OBRA:

Pretender **justificar las ventajas** que una buena organización de las obras reporta a todos los agentes implicados en el proceso edificatorio me resulta tan **presuntuoso como innecesario**. Son múltiples los cualificados autores de publicaciones y especialistas en la materia que me relevan de realizar un esfuerzo que seguramente resultaría prácticamente estéril.

Hoy en día, a ninguna persona con una adecuada formación se le ocurriría poner en duda la necesidad de realizar una correcta organización de la obra, con tal de justificar el normal desorden que inevitablemente se produce, dadas las características tan especiales en que la industria de la construcción se desenvuelve.

Me limito a enunciar que **sin una mínima organización se resienten** en general todos los factores que intervienen en la obra y, en particular: la **calidad**, la **seguridad**, los **plazos de ejecución**, los **presupuestos previstos** y los **recursos utilizados**.

En definitiva, hoy nadie discute la conveniencia y necesidad de una buena organización de la obra, **otra cosa es el esfuerzo** que se esté **dispuesto a hacer para lograrlo**.

Las ventajas de la organización de la obra en los agentes que intervienen en la construcción.

- **Promotor:** Con una correcta organización de la obra podrá **establecer un calendario de inversiones**, y tener una cierta fiabilidad del **cumplimiento de plazo** de entrega de la obra.
- **Dirección Facultativa:** Como responsable legal de la ejecución del proyecto, podrá **definir un calendario de visitas** y así **controlar** mejor el desarrollo de la obra.
- **Constructor:** Es el que tiene que hacer la obra y además **coordinar las subcontratas** (una buena organización le facilitará esta importante tarea).
- **Proveedores:** En principio no les importa que la obra esté organizada o no. Pero si la obra esta programada podrá programar sus rutas y el almacenamiento y producción de los materiales solicitados.
- **Usuarios:** Un proceso organizado y programado tiene una **calidad mayor** y se cumplirán los plazos con lo cual el usuario será el gran beneficiado.

2.3.2.2. DIFICULTADES PARA CONSEGUIR UNA CORRECTA ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS.

Unidad de producción: En el campo de la construcción, y sobre todo **en la restauración, cada unidad es diferente**. La unidad a producir es siempre distinta, **no hay dos obras iguales**.

Emplazamiento: Varía en cada caso. **No se hacen dos obras en el mismo sitio**. La ubicación de la obra condiciona los accesos, energía disponible, dotación de servicios, climatología, existencia de recursos humanos, posibilidad y/o dificultades de utilizar maquinaria, son otras tantas circunstancias que se han de tener en cuenta.

Consideraciones climáticas: El trabajo suele ser a la intemperie, e incluso las actividades interiores dependen en gran medida de las condiciones atmosféricas, como temperatura ambiental o humedad.

Formación del personal: El personal empleado en la construcción suele tener escasa cualificación profesional; en el caso de la **restauración** se requiere un **alto grado de preparación y especialización**.

Proyecto: Incluso el mejor de los proyectos posibles **suele estar incompleto** y, por lo tanto, sujeto a continuos cambios durante la ejecución de la obra.

La diversidad de cada proyecto. **Cada obra es un prototipo**. La organización general permanece, pero la organización particular es distinta en cada caso. **La existencia de peculiaridades en cada proyecto exige su estudio individualizado**.

Evolución de la empresa constructora, ya que ésta evoluciona, mejora, crece e incluso desaparece.

Evolución de las tecnologías y métodos de gestión, que exigen nuevos métodos constructivos.¹⁷

2.3.3. ETAPAS DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS.

Podemos considerar los siguientes pasos a seguir para la organización de una obra:

- **¿Qué vamos a hacer?**

La **respuesta** la encontramos en el **proyecto**, luego hay que conocerlo bien. Esto implica el estudio detallado del proyecto: Memoria, pliego de condiciones, mediciones y presupuesto, documentación gráfica, e incluso el plan de seguridad.

- **¿Cómo lo vamos a hacer?**

Qué métodos constructivos vamos a utilizar. Es decir, necesitamos **conocer las técnicas constructivas** planteadas en la ejecución del proyecto.

- **¿Con qué y con quien lo vamos a hacer?**

Mano de obra, medios auxiliares, materiales, maquinaria, subcontratas, etc. **Estudiar los recursos** que necesitaremos para ejecutar la obra y de cuales disponemos.

- **¿Cuándo tiene que estar acabada?**

Plazos, parciales y totales, para su ejecución (comienzo, entrega, etc.).

2.3.4. ACTUACIONES PREVIAS

Se realizan una serie de actuaciones que preceden al desarrollo de la planificación de la programación de la obra.

- **Información y estudios previos de emplazamiento:**

Situación, entorno, instalaciones de uso en la obra, instalaciones próximas (que puedan ser dañadas por la ejecución de la obra o que tengan servidumbre), tráfico (entrada y salida de la obra), subsuelo (existencia de aguas subterráneas), situación del vertedero, espacio para almacenamiento y acopios, alojamiento para los operarios, centros médicos,...

- **Información y estudios previos de oficina:**

Estudio de la mano de obra, medios auxiliares, materiales, servicios auxiliares de obra, servicios de higiene, climatología de la zona.

- **Licencias:** Hay que tenerlas en cuenta en la organización ya que a veces dan problemas debido a su lentitud (de cara a la planificación y a la programación de la obra se pueden considerar como **funciones ajenas**):

- Licencia de obra.
- Licencias de alineación y rasante.
- Vallado.
- Ocupación de vía pública.

¹⁷ GARCÍA VALCARCE, A.; SÁNCHEZ-OSTÍZ GUTIÉRREZ, A.; GONZÁLEZ MARTÍNEZ P.; CONRADI GALNARES, E. Y LÓPEZ MARTÍNEZ J. A. (2004) “Manual de Dirección y Organización de obras”. Cie Inversiones Editoriales Dossat 2000. Páginas 19 y 20.

- **Documentación del proyecto:** El proyecto consta de una serie de documentos: Memoria, Pliego de Condiciones Técnicas y Legales, Planos, Mediciones y Presupuestos, Estudio de Seguridad y Salud (con su correspondiente memoria, planos y mediciones y presupuesto).
- **Documentación de archivo** relativa a: Mano de obra, materiales y medios auxiliares, con sus correspondientes bases de datos, en las que consten:
 - Mano de obra: cualificación, categoría, residencia...
 - Materiales: proveedores, características...
 - Medios auxiliares: características de maquinas que tenemos en propiedad (mantenimiento, servicio oficial)

2.3.5. DOCUMENTOS DE LA ORGANIZACIÓN

2.3.5.1. MEMORIA GENERAL DE ORGANIZACIÓN.

En la memoria de organización se recogerán los aspectos relevantes que condicionarán la planificación futura de las tareas o actividades y, entre otras:

- **La empresa:** Evaluación de los medios auxiliares de que dispone, la maquinaria en propiedad disponible y la que será necesario alquilar, así como el personal y cualificación del mismo.
 - **Las comunicaciones y servicios:** Vías de acceso a la obra, recorridos alternativos para la maquinaria pesada, etc.; situación de servicios médicos, estaciones de servicios, talleres, etc.
 - **Los proveedores:** lista de proveedores de que disponemos en la proximidad de la obra, con sus características de seriedad y solvencia profesional.
 - **Datos de la parcela:** Determinar si se dispone de espacios adecuados para acopios y servicios de obra o si por el contrario la parcela está entre medianerías. Si existen instalaciones que se tienen que anular o desviar previa a la intervención (alumbrado, gas, electricidad,...).
 - **Las fases de ejecución del proyecto de obra:** Decidir si el proyecto de la obra que vamos a ejecutar es posible y conveniente dividirlo en fases, y en caso afirmativo, establecer su número y orden.
-

2.3.5.2. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.

En este apartado será conveniente reflejar la organización general de la obra en planta, representando en un plano del conjunto de la obra las zonas que serán destinadas para cada uno de los usos siguientes:

- Acceso y circulaciones en obra.
- Emplazamiento de maquinaria (grúas, hormigoneras, silos, ...)
- Zona de acopios de los principales materiales que se utilizarán.
- Servicios provisionales de obra que vamos a necesitar, tipo y características, si serán alquilados o construidos en obra, tales como: vestuarios, aseos y duchas, comedor y botiquín para el personal; oficina de obra; almacenes de obra; talleres de obra o cualquier otra instalación que sea necesaria.
- Instalaciones provisionales de obra, tales como electricidad, agua o telefonía.
- Vallado cumpliendo los requisitos de seguridad de la obra.

2.3.6. FACTORES Y CONDICIONES DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS EN GENERAL.

Siguiendo la clasificación realizada por el profesor Antonio García Valcarce, recogida en su libro¹⁸, con la que estoy esencialmente de acuerdo, a continuación enuncio las variables más significativas que inciden en la organización de la obra:

- **Tipo de obra.** La organización varía si se trata de obra civil o de edificación. Dentro de las obras de edificación podemos distinguir: edificaciones residenciales o de otro tipo, obras son de nueva planta o de rehabilitación, restauración o mantenimiento, etc...
- **Tamaño y forma de la edificación.**
- **Tipo de empresa constructora.** La organización difiere cuando la contrata es una gran empresa o una pequeña empresa, varía según el grado de subcontratación y de los medios que se disponen, ...
- **Ubicación. Cada obra es un prototipo.** La misma obra, el mismo proyecto, efectuado en lugares distintos, normalmente exige una organización de obra distinta.
- **Climatología y estación climática** en la que se prevé la ejecución de los trabajos.

Aunque una obra varía sustancialmente respecto a otras, existe una serie de **características comunes**, entre otras:

¹⁸ GARCÍA VALCARCE, A.; SÁNCHEZ-OSTÍZ GUTIÉRREZ, A.; GONZÁLEZ MARTÍNEZ P.; CONRADI GALNARES, E. Y LÓPEZ MARTÍNEZ J. A. (2004) “Manual de Dirección y Organización de obras”. Cie Inversiones Editoriales Dossat 2000. Páginas 168 a 169.

- Los trabajos generalmente son a la intemperie.
- Empleo de operarios eventuales y de bajo nivel de cualificación (en el caso de edificación de nueva planta), en el campo de la restauración el empleo de operarios de baja cualificación es una temeridad por parte de la empresa restauradora.
- Baja tecnificación en general, aunque la tendencia es a mejorar. Esta característica no se debe aceptar en las obras de restauración.
- Alta grado de subcontratación de empresas auxiliares.
- Variabilidad de los suministradores. No siempre pueden ser los mismos.

El **objetivo final de la organización** de una obra es su ejecución y el **cumplimiento del contrato**, siendo las condiciones fundamentales:

- La **calidad**. Como mínimo la prevista en el proyecto.
- **Seguridad y Salud** óptima, con riesgos mínimos.
- **Coste**, como máximo el previsto en la oferta de licitación y confirmado en el contrato. En su caso, sumando o restando las variantes a la oferta que surjan durante la ejecución.
- **Plazo**, como máximo el previsto y que normalmente se estipula en contrato.¹⁹

2.3.7. FUNCIONES DE LOS AGENTES DEL PROCESO EDIFICATORIO

Considero de interés recoger las **funciones principales** de los agentes implicados en la edificación **establecidas en la normativa legal vigente** que les afecta directamente.

Según el artículo 8 de la Ley de Ordenación de la Edificación (a partir de ahora LOE) son agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones vendrán determinadas por lo dispuesto en esta Ley y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

En la citada Ley distingue los siguientes agentes:

¹⁹ GARCÍA VALCARCE, A.; SÁNCHEZ-OSTÍZ GUTIÉRREZ, A.; GONZÁLEZ MARTÍNEZ P.; CONRADI GALNARES, E. Y LÓPEZ MARTÍNEZ J. A. (2004) “Manual de Dirección y Organización de obras”. Cie Inversiones Editoriales Dossat 2000. Páginas 168 a 169.

2.3.7.1. PROMOTOR:

Será considerado promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente, decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.²⁰

Es el agente que pone en marcha todo el proceso.

En el punto 2 del artículo 9 de la LOE se definen las obligaciones del promotor:

- a) *Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.*
- b) *Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.*
- c) *Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.*
- d) *Suscribir los seguros previstos en el artículo 19.*
- e) *Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.*

2.3.7.2. PROYECTISTA:

El proyectista es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de esta Ley, cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.²¹

En el punto 2 del artículo 10 de la LOE se definen sus obligaciones, que son, entre otras:

- a) *Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión....*
- b) *Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.*

²⁰ Artículo 9 de la Ley de Ordenación de la Edificación.

²¹ Artículo 10 de la Ley de Ordenación de la Edificación.

2.3.7.3. CONSTRUCTOR:

El constructor es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al proyecto y al contrato.²²

En el punto 2 del artículo 11 de la LOE se definen sus obligaciones, que son:

- a) *Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.*
- b) *Tener la titulación o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.*
- c) *Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.*
- d) *Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.*
- e) *Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.*
- f) *Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.*
- g) *Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.*
- h) *Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción.*

2.3.7.4. DIRECTOR DE OBRA:

El director de obra es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.²³

En el punto 3 del artículo 12 de la LOE se definen sus obligaciones, que son:

- a) *Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión...*
- b) *Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno.*
- c) *Resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.*
- d) *Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.*
- e) *Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.*

²² Artículo 11 de la Ley de Ordenación de la Edificación.

²³ Artículo 12 de la Ley de Ordenación de la Edificación.

- f) *Elaborar y suscribir la documentación de la obra ejecutada para entregarla al promotor, con los visados que en su caso fueran preceptivos.*

2.3.7.5. EL DIRECTOR DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

El director de la ejecución de la obra es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado.²⁴

En el punto 2 del artículo 13 de la LOE se definen sus obligaciones, que son:

- a) *Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En edificación y restauración de monumentos, normalmente, la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto técnico.*
- b) *Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.*
- c) *Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.*
- d) *Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas.*
- e) *Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.*
- f) *Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.*

2.3.7.6. LAS ENTIDADES DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN

Son entidades de control de calidad de la edificación aquellas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.²⁵

Se conocen como OCT, organismos de control técnico.

2.3.7.7. LOS LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

²⁴ Artículo 13 de la Ley de Ordenación de la Edificación.

²⁵ Artículo 14 de la Ley de Ordenación de la Edificación.

2.3.7.8. LOS SUMINISTRADORES DE PRODUCTOS.

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.²⁶

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

2.3.7.9. LOS PROPIETARIOS Y LOS USUARIOS.

El propietario es el dueño de la construcción. Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuenta.

El usuario es el que disfruta de la construcción. Son obligaciones de los usuarios, sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento, contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

Estos son los agentes que podríamos considerar primarios en el proceso edificatorio, además de éstos también participan de modo secundario: colegios profesionales, las administraciones públicas, entidades financieras, compañías suministradoras de agua, gas, electricidad, teléfono,...

2.3.8. ASPECTOS LEGALES QUE AFECTAN A LA ORGANIZACIÓN DE UNA OBRA.

El Real Decreto Legislativo 2/2000, de 16 de junio, por el que se desarrolla el texto refundido de la **Ley de Contratos de las Administraciones Públicas**, distingue en el artículo 123 los siguientes tipos de obra a los efectos de elaboración de los proyectos, según su objeto y naturaleza, en los grupos siguientes:

- a) Obras de primer establecimiento, reforma o gran reparación.
- b) Obras de reparación simple.
- c) **Obras de conservación y mantenimiento.**
- d) Obras de demolición.

Son **obras de primer establecimiento** las que dan lugar a la creación de un bien inmueble.

El concepto general de reforma abarca el conjunto de obras de ampliación, mejora, modernización, adaptación, adecuación o refuerzo de un bien inmueble ya existente.

Se consideran como obras de reparación las necesarias para enmendar un menoscabo producido en un bien inmueble por causas fortuitas o accidentales.

²⁶ Artículo 15 de la Ley de Ordenación de la Edificación.

Cuando afecten fundamentalmente a la estructura resistente tendrán la calificación de gran reparación y, en caso contrario, de reparación simple.

Si el menoscabo se produce en el tiempo por el natural uso del bien, las obras necesarias para su enmienda tendrán el **carácter de conservación**. Las **obras de mantenimiento** tendrán el mismo carácter que las de conservación.

Son **obras de demolición** las que tengan por objeto el derribo o la destrucción de un bien inmueble.

En el Artículo 25. Grupos y subgrupos en la clasificación de contratistas de obras del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas se establecen once grupos subdivididos en sesenta y nueve subgrupos de contratistas de obras para garantizar su solvencia económica, financiera y técnica.

El grupo **K** son **obras especiales** y el **subgrupo 7, obras de restauración de bienes inmuebles histórico – artísticos**.

Según la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas en el artículo 79 punto 3 “cuando sea necesaria la presentación de otros documentos con arreglo a esta Ley deberán mencionarse en el pliego de cláusulas administrativas particulares y en el correspondiente anuncio de licitación”.

Entre estos documentos técnicos que se pueden pedir en los pliegos particulares de cláusulas administrativas y técnicas, podrán exigirse condiciones relativas a la “**Programación de la obra**, en forma de **diagramas de barras**, espacio – tiempo, de masas, **PERT o CPM**, etc.”

Según la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas en el artículo 124. **Contenido de los proyectos y responsabilidad derivada de su elaboración.**

“1. Los proyectos de obras deberán comprender, al menos:

a) Una memoria en la que se describa el objeto de las obras, que recogerá los antecedentes y situación previa a las mismas, las necesidades a satisfacer y la justificación de la solución adoptada, detallándose los factores de todo orden a tener en cuenta.

b) Los planos de conjunto y de detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida, así como los que delimiten la ocupación de terrenos y la restitución de servidumbres y demás derechos reales, en su caso, y servicios afectados por su ejecución.

c) El pliego de prescripciones técnicas particulares donde se hará la descripción de las obras y se regulará su ejecución, con expresión de la forma en que ésta se llevará a cabo, de la medición de las unidades ejecutadas y el control de calidad y de las obligaciones de orden técnico que correspondan al contratista.

d) Un presupuesto, integrado o no por varios parciales, con expresión de los precios unitarios y de los descompuestos, en su caso, estado de mediciones y los detalles precisos para su valoración.

e) Un programa de desarrollo de los trabajos o plan de obra de carácter indicativo, con previsión, en su caso, del tiempo y coste.

f) Las referencias de todo tipo en que se fundamentará el replanteo de la obra.

g) Cuanta documentación venga prevista en normas de carácter legal o reglamentario.

h) El estudio de seguridad y salud o, en su caso, el estudio básico de seguridad y salud, en los términos previstos en las normas de seguridad y salud en las obras.”

En el Artículo 131 del Reglamento General de Contratos de las Administraciones Públicas recoge la obligatoriedad de incluir un programa de trabajo en los proyectos de obras:

*“El **programa de trabajo** a que hace referencia el artículo 124.1, párrafo e), de la Ley (de Contratos de las Administraciones Públicas), entre otras especificaciones, contendrá, debidamente justificados, la **previsible financiación de la obra** durante el período de ejecución y **los plazos en los que deberán ser ejecutadas las distintas partes fundamentales en que pueda descomponerse la obra**, determinándose los importes que corresponderá abonar durante cada uno de ellos.”*

Como podemos observar en la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas y en el Reglamento General que lo desarrolla **se recoge la obligatoriedad de presentar los planes de obra** correspondientes con los **costes** y **plazos** de las distintas partes fundamentales, **actividades**, en que puede descomponerse la obra; si bien es cierto que **lo hace de forma tímida** y sin concretar el grado de detalle con que ha de realizarse, ni el método con el cual debe hacerse.

2.4. PLANIFICACIÓN GENERAL DE LAS OBRAS

El proceso de planificar una obra, como todo trabajo intelectual, se puede dividir en dos fases: **análisis de los datos** y premisas de partida y **síntesis de resultados**. Estas dos fases están interrelacionadas.

2.4.1. NIVEL DE ANÁLISIS

Inicialmente hay que dividir el proyecto en **actividades elementales** para estudiar posteriormente sus **ligaduras** y **duraciones, recursos**, etc... **El grado de detalle será el nivel de análisis** del proyecto.

La dimensión adecuada de estas actividades depende de una serie de **factores**:

- El **recurso de mano de obra** previsto para ejecutar los trabajos y **la especialidad que requiere**. Conviene que cada actividad emplee un solo tipo de oficio.
- El **recurso de maquinaria** asignado para cada actividad y características de las mismas.
- El **tamaño de las actividades** debe ser el adecuado para que **permita controlar** con facilidad su ejecución y **reprogramar** la obra si fuera necesario.

Un nivel alto de análisis permite calcular con más certeza la duración de cada actividad y acercar más a la realidad de la obra las ligaduras establecidas entre las distintas actividades, por lo que el cálculo de la duración total de la obra será más exacto. La paradoja es que al incrementar el nivel de análisis se suele alargar la duración del proyecto, y como bien dice D. Jesús Mateos Perera: *“el cálculo de un PERT proporciona un plazo tanto mayor cuanto más grande sea el número de actividades en que haya sido descompuesto el proyecto²⁷.”*

Existe una **relación inversa entre la duración del proyecto y el nivel de análisis**. Los proyectos de larga duración se podrán organizar con un nivel de análisis bajo, mientras que una obra que dure un par de meses requerirá un alto nivel de análisis.

En obras de gran dimensión se realiza la planificación independiente en programas parciales, para luego relacionarlos entre sí. **La interconexión de redes es una práctica realizada con frecuencia**.

2.4.2. METODOLOGÍA DE LA PLANIFICACIÓN

Para realizar la planificación necesitamos tener los siguientes datos, obtenidos del trabajo en equipo (Jefe de obra, responsable del proyecto y el técnico redactor de la programación):

- **La relación de las actividades** en que se divide la obra.

²⁷ MATEOS PERERA, JESÚS. (2003). “La programación en la construcción. El PERT en versión completa”. (2ª edición ampliada y revisada). BELLISCO, Ediciones Técnicas y Científicas. Página 64.

- La **relación de acontecimientos**, si son datos relevantes las fechas de algunos de éstos.
- **Conocer los recursos** (personal, maquinaria, etc) asociados a cada actividad y su grado de disponibilidad.
- **Estimar o calcular las duraciones** de cada actividad.
- Las **ligaduras, restricciones o precedencias** entre las distintas actividades y las posibles funciones ajenas.
- **Establecer una lista de prioridades**.
- Un **algoritmo de planificación**. El conjunto de reglas para asignar tareas a los recursos.

Con todos estos datos de partida se iniciaría la programación.

Podemos distinguir entre dos grandes grupos de programas, o instrumentos de programación:

- **Programas de fabricación**, en nuestro caso **construcción** de edificios, con duraciones determinísticas o calculadas de las actividades, y que como es lógico son las más empleadas, esencialmente en el CPM y el ROY.
- **Programas de investigación** y destinados a la obtención de nuevos productos, como el PERT, con duraciones estimadas de las actividades y cálculos probabilísticos.

2.4.3. NIVELES DE PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

Se pueden establecer **tres niveles** para realizar un **programa de trabajo**, a partir de una primera fase de **planificación**.

NIVEL ESTRATÉGICO:

Consiste en **plantearnos las cuestiones fundamentales** sobre el proyecto: ¿qué queremos hacer?, ¿para qué lo queremos?, medios que disponemos para realizar el proyecto, condiciones que debe reunir la edificación, posibles alternativas,...

NIVEL TÉCNICO:

Con las directrices establecidas en el nivel anterior, **se componen los equipos con sus rendimientos**, se calculan las **duraciones de las actividades** con los **recursos** necesarios.

NIVEL INFORMÁTICO:

Se procesan en el **ordenador** los datos necesarios para crear el plan de trabajo que finalizará con la correspondiente **programación de obra** a realizar. Como en este proceso es necesario tomar decisiones, **hacer tensados de red** y **armonizaciones de recursos** o estudio de alternativas, el **operador del ordenador** debe tener un **amplio conocimiento de la obra** y de los **métodos de programación**. Es muy común hoy en día confiar a ciegas en unos maquinas, que son poco más evolucionados que un electrodoméstico.

2.4.4. ASPECTOS DE LA PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA

La planificación de la obra se puede **dividir** en **planificación de la producción, planificación del control de calidad, planificación económica y planificación de la seguridad**. Durante la ejecución de la obra se realizará un seguimiento y control de cada una de éstas.

2.4.4.1. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Se trata de en planificar los recursos, el personal directo de la empresa, la maquinaria, las instalaciones de obra y medios, las subcontratas y los suministros. Explicaremos brevemente en que consiste la planificación de cada uno de estos conceptos:

- **Recursos:**
 - Definir la maquinaria y su tipo, y cuando se va a necesitar (fecha de inicio y duración).
 - Estudio de los medios auxiliares: vallado, andamios, grúa,...
 - **Personal directo:**
 - Previsión del personal propio de la empresa que necesita cada una de las actividades.
 - Localizar el personal cualificado de la zona, entorno cercano.
 - Estudiar la posibilidad de contratar el personal de otras zonas.
 - Si es necesario, estudiar los medios de locomoción y el alojamiento.
 - Establecer el calendario laboral y los horarios de trabajo.
 - **Maquinaria, instalaciones y medios:**
 - Establecer cuales son los necesarios, y de éstos, cuales posee la empresa y cuales debe alquilar.
 - **Subcontratas:**
 - Definir que actividades se van a ejecutar por subcontrata, con su fecha límite de finalización y el coste de ejecución.
 - Establecer cuales son la instalaciones necesarias.
 - Establecer la fecha de inicio de la actividad subcontratada, su duración estimada y la fecha de finalización.
 - Fijar el criterio de calidad exigido a cada subcontratista en el proyecto, en memoria, mediciones y sobre todo por lo dispuesto en el pliego de prescripciones técnicas particulares.
 - **Suministros:**
 - Establecer los elementos constructivos y los materiales básicos, con sus precios. Se puede realizar para el conjunto de la obra, o mejor, si el estudio es desglosado, para cada actividad.
 - Realizar petición de ofertas a suministradores e instaladores, fijando el plazo máximo para efectuar la adjudicación de estas ofertas.
 - Definir las fechas de inicio y finalización del suministro, con el ritmo de ejecución.
 - Establecer las exigencias de calidad, coincidentes con las del proyecto.
 - Definir los ensayos a realizar.
-

El cronograma de producción puede ser un diagrama de barras Gantt, insuficiente y ya superado en la programación de obras, o un gráfico de redes tipo PERT, PERT- Coste, ROY o CPM.

2.4.4.2. PLANIFICACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

En esta fase debemos realizar las siguientes acciones:

- Redacción del cronograma de control de calidad, basado en el cronograma de producción. En el caso de suministros de materiales, el control de calidad debe ser previo a su colocación en obra y los controles de ejecución, durante la puesta en obra.
- Establecer cuáles son los elementos constructivos, los materiales y las zonas críticas para controlar.
- Definir cómo se va a realizar el control y cuándo se va a efectuar.
- Establecer los agentes que van a realizar el control de calidad, los laboratorios y organismos de control técnico.
- Definir los diferentes ensayos y pruebas que es preciso realizar.

2.4.4.3. PLANIFICACIÓN ECONÓMICA

Para realizar la planificación económica de la obra debemos:

- Realizar un cronograma de la obra (el de producción).
- Establecer los costes previstos de producción de las actividades.
- Con el cronograma, hallar la valoración parcial mensual de las actividades y la acumulada a inicio de la producción.
- Establecer la fecha de cobro de la producción y de las certificaciones mensuales.

2.4.4.4. PLANIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD:

Una vez estudiado el plan de seguridad y salud de la obra se debe elaborar un cronograma de las actividades previstas en el mismo, para poder llevar un control en obra y vigilar su cumplimiento.

La planificación del control de calidad, económica y de la seguridad de la obra tiene su base de partida e irrenunciable referencia en el Plan de Producción (Programación de la Obra) que es esencialmente el que me propongo profundizar, pues sin éste sería prácticamente imposible desarrollar los demás.

2.4.5. ETAPAS DE LA OBRA Y APROXIMACIÓN A LAS ACTIVIDADES EN QUE SE PUEDE DESCOMPONER

En proyectos de **cierta envergadura se divide la obra en distintas etapas** y dentro de cada etapa hay distintas fases o **actividades** (Movimiento de tierras, Cimentación, Saneamiento, Estructura, etc.).

2.4.5.1. PRIMERA ETAPA: CIMENTACIONES Y ESTRUCTURA.

Comprende las actividades de:

- Demoliciones.
- Trabajos previos: Vallado de obra, instalaciones provisionales, grúa, oficina, talleres, etc.
- Replanteo: no suele tener valoración económica pero si duración y es una actividad de vital importancia para el correcto desarrollo de la obra.
- Acondicionamiento del terreno: Desmonte, vaciado, terraplenado, excavación en zanjas, limpieza de solar, etc.
- Cimentación y estructura: Preparación y puesta en obra de las armaduras, preparación y puesta del encofrado, hormigonado, desencofrado.
- Saneamiento: Referido al saneamiento enterrado (arquetas, colectores, etc.).

2.4.5.2. SEGUNDA ETAPA: ALBAÑILERÍA.

- Albañilería: Cerramientos exteriores, divisiones entre viviendas, zonas comunes, divisiones en cuartos húmedos, resto de la tabiquería, peldañado, colocación de bañeras.
- Cobertura: Formación de pendientes, colocación del material de cobertura, aislantes, etc.
- Instalaciones:
 - En fontanería: Comunicaciones verticales, derivaciones horizontales, cuarto de contadores y llegar hasta el punto donde va a ser necesaria.
 - En electricidad: Columnas verticales y llegar hasta el punto donde va a ser necesaria.
 - En calefacción: Comunicaciones verticales, derivaciones horizontales, cuarto de contadores y llegar hasta el punto donde va a ser necesaria.
 - En instalaciones electromecánicas: colocación de guías de ascensor.
- Carpintería: Si es de aluminio se hace en esta etapa, si es de madera colocaremos los premarcos y armazones de armarios empotrados.
- Revestimientos: Solerías, aplacados de piedra, enfoscados, pavimentos de zonas comunes y el acabado de los pavimentos de los locales húmedos.

2.4.5.3. TERCERA ETAPA: ACABADOS.

- Instalaciones: Acabar las instalaciones; colocar sanitarios, grifos, contadores, radiadores, calderas (depósito), ascensores, electricidad, antenas y portero automático, etc.
 - Carpintería: Colocación de tapajuntas, puertas, marcos, puertas de armarios empotrados, barandillas, persianas, etc.
 - Revestimientos: Yesos falsos techos, etc.
 - Vidrios: Se colocan lo más tarde posible.
-

- Pinturas: Exteriores e interiores de cualquier tipo.
- Decoración: Señalizaciones, etc.
- Limpieza general interior.

2.4.5.4. CUARTA ETAPA: URBANIZACIÓN.

- Movimiento de tierras.
- Instalaciones.
- Albañilería y varios.
- Pavimentaciones.
- Jardinería.
- Acabados exteriores con mobiliario urbano.
- Limpieza general de exteriores.

Con esta etapa vamos a acabar pero no tiene por que ser la última que comience, puede solaparse con las etapas anteriores.

2.4.6. LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

2.4.6.1. ESTUDIO DEL TIEMPO

Las técnicas utilizadas para estudiar el tiempo son más **propias del campo de la industria**, en la que se ejecutan **trabajos repetitivos** y se pueden estudiar el tiempo empleado en los ciclos de producción, que del **campo de la construcción** en el que como hemos recalcado **cada obra es un prototipo** y los rendimientos de cada actividad varían sustancialmente de una obra a otra.

Normalmente para **establecer los rendimientos** nos basamos en los **precios descompuestos** disponibles en varias **bases de datos, matizados** por la experiencia de los técnicos de obra, que a la vista de las circunstancias que concurren les introducirá unos **coeficientes correctores**.

No obstante, veremos unos **conceptos generales** sobre el **estudio del tiempo**.

EL MUESTREO Y TÉCNICAS DE MUESTREO.

Para estudiar el tiempo hay que recurrir a un muestreo, que puede ser simple, sistemático o mixto.

EL CRONOMETRAJE.

Es la mejor manera de saber cuánto tiempo se tarda en realizar un trabajo.

Para ello empleamos cronómetros de diversos tipos: Cronómetro de aguja retrapante, de segundos, de minuto decimal, de hora decimal y electrónico.

Las unidades de medida del tiempo empleadas en la construcción son las siguientes:

1. **Hora decimal:** Se utiliza en construcción y es la unidad de tiempo básica en el estudio del trabajo. **No es una unidad de tiempo adecuada** para hacer una programación de obra.
2. **Día:** En programación distinguimos entre día de **trabajo**, día **laborable** y día **natural**
3. **Semana:** Utilizada en obras de construcción. La semana tiene 40 h y 5 días laborables.
4. **Mes:** Se recurre a ella para **obras muy grandes**, de larga duración, y a veces **para encubrir una deficiente programación**.
5. **Año:** Se utiliza en obra pública, para intervenciones **plurianuales**.

PONDERACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS

Seleccionada la actividad a estudiar deberemos asegurarnos de que la forma de ejecutar la actividad cronometrada sea la correcta. Valorando si el ritmo con que se está llevando a cabo se adecua a la definición generalmente aceptada de ritmo tipo.

Ritmo tipo: Se define como “el rendimiento que obtienen naturalmente y sin forzarse, los trabajadores cualificados como promedio de la jornada, siempre que conozcan y respeten el método especificado, estando de acuerdo en su aplicación.”

Introduciendo posteriormente los suplementos necesarios, como:

Suplementos por descanso: Compensa la fatiga que le va a producir al trabajador realizar la tarea. Pueden ser por necesidades personales o por fatiga.

TIEMPO TIPO.

El tiempo tipo (UNE 52003) “Es el tiempo requerido para realizar un trabajo por un operario normal trabajando a un ritmo normal bajo condiciones tipificadas, más el tiempo necesario para compensar la fatiga, las necesidades personales y demoras inevitables.”

El tiempo tipo se obtiene de la fórmula siguiente:

$$T_T = T_N + \text{Suplementos}$$

Normalmente los suplementos oscilan entre el 20 % y el 25 %.

TIEMPO ARITMÉTICO Y TIEMPO CALENDARIO.

Tiempo aritmético: Será el resultado de multiplicar el tiempo tipo que corresponde a la unidad de dicha actividad por el número total de unidades a realizar.

Tiempo calendario: será el tiempo aritmético trasladado al calendario laboral, considerándose todo tipo de incidencias.

2.4.6.2. ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES PREVISTAS

Al estudiar las actividades previstas en la planificación debemos tener en cuenta que **todo es mejorable**, es decir, lo podemos hacer mejor. El hecho de que hagamos siempre igual una actividad no quiere decir que no se pueda hacer mejor.

Analizaremos y estudiaremos en primer lugar las actividades de mayor repercusión (Estructura, Albañilería, etc). Utilizando los resultados obtenidos en el “estudio de tiempos” o recurriendo a **fichas de rendimiento**, que como he dicho es lo que se hace generalmente en la **construcción**.

De este modo elaboramos las **fichas de las diferentes actividades**. A continuación, como **ejemplo**, veremos una **actividad con la duración calculada** por rendimientos conocidos, y **otra actividad** en la que la **duración de la misma es estimada**, basándonos en la experiencia de obra.

ACTIVIDAD 17: DEMOLICIÓN CUBIERTA

Descripción: Demolición de cubrición de teja cerámica curva, entablado y estructura de cubierta. Retirada de restos orgánicos, cascotes y restos de maderas.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
3.01	Demolición teja	m ²	196,08	11,34 €	2.223,55 €
3.02	Desmontado entablado y estructura	m ²	150,08	5,05 €	757,90 €
3.03	Desmontado estructura	m ²	150,08	8,15 €	1.223,15 €
3.04	Limpieza restos	m ²	150,08	1,83 €	274,65 €
TOTAL			646,32m²		4.479,25 €

MAQUINARIA	grúa
-------------------	------

PERSONAL		
Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
2	1	2

DÍAS NATURALES				
DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DIAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
646,32	18,00	10%	1,47	2
19,75				
29,03	REDONDEO	29	Días naturales	

LIGADURAS	
C / C 21 n =20	
Observaciones:	Una vez concluido el montaje de andamios, 20 días después de comenzar la actividad 21 (Andamios) se puede comenzar la actividad 17 (Demolición de cubierta).

ACTIVIDAD 25: REPRODUCCIÓN BAJORRELIEVES PUERTA

Descripción: Reproducción de los bajorrelieves de la puerta mediante: Negativo sobre pieza existente realizado in situ, con moldeante de silicona RTV elastómero, molde de estratificado de resina isostática de poliéster, armada con fibra de vidrio, para ejecución de reproducción de piezas ejecutadas con araldit madera, agentes tixotrópicos y aditivos especiales para textura y color.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
4.06	Negativo de silicona RTV	m ²	8,44	327,03 €	2.760,13 €
4.07	Molde refuerzo de poliéster	m ²	8,44	210,19 €	1.774,00 €
4.08	Reproducción pieza Araldit	m ²	8,44	302,64 €	2.554,28 €
TOTAL					7.088,42 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	3	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES		COEFICIENTE DIAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
DÍAS DE TRABAJO ESTIMADOS	PÉRDIDAS		
10	5%	1,47	1
10,50			
15,44	REDONDEO	16	Días naturales

LIGADURAS

C / C 2
F / F 24 n = 5
Observaciones: Esta actividad consiste en reproducir los bajorrelieves de la puerta para posteriormente, con la puerta ya restaurada colocar las réplicas.

2.4.6.3. TIPOS DE DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Los tipos de duraciones han sido convenientemente estudiadas con un buen criterio por Mateos Perera²⁸, tema del que se hace una síntesis a continuación.

Las duraciones pueden ser de cinco tipos:

- 1- Calculadas
- 2- Estimadas
- 3- Obligadas
- 4- Inventadas
- 5- Anheladas

DURACIONES CALCULADAS

Son las obtenidas a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Duración} = \text{Medición} / \text{Rendimiento}$$

La **duración** se expresa en **números enteros** y el redondeo debe hacerse siempre por exceso, nunca por defecto, puesto que en caso contrario no habría tiempo para realizar dicha actividad.

La calidad del cálculo dependerá de la calidad de las mediciones y de la acertada previsión de los rendimientos. La calidad de las mediciones puede ser tan buena como se desee calcular, pero en la previsión de los rendimientos existe una componente subjetiva difícil de eliminar, que depende de la experiencia del planificador. Dependiendo por ejemplo del volumen de la obra, los rendimientos varían, a mayor volumen de obra mayores dificultades imprevistas. Tampoco se deben confundir los rendimientos máximos con los rendimientos medios, que son los que se darán en obra.

Las **duraciones calculadas** son, en general, las que poseen **mayor credibilidad**, siempre y cuando los datos de mediciones y rendimiento sean de calidad. Siempre que sea posible las duraciones serán calculadas, al ser las realmente **utilizadas en construcción**, recurriendo a estimaciones sólo en el caso recogido en el punto siguiente.

DURACIONES ESTIMADAS

Aunque existen **Jefes de Obra** que son capaces de proporcionar datos altamente fiables sobre las duraciones, simplemente estimándolas debido a su **amplia experiencia**, no es lo más habitual.

Las **duraciones estimadas** deben ser aplicadas únicamente en **casos especiales**, cuando los tiempos sean imposibles de calcular. En este caso se obtendrán las duraciones a partir de la experiencia en obras anteriores. Es el caso de ejemplos como el de la colocación de instalaciones en edificación (donde no voy a hacer la medición de los metros de cables eléctricos), siendo aconsejable respetar el compromiso respecto a plazos de las empresas subcontratadas.

²⁸ MATEOS PERERA, JESÚS. (2003). “La programación en la construcción. El PERT en versión completa”. (2ª edición ampliada y revisada). BELLISCO, Ediciones Técnicas y Científicas. Páginas 33 a 37.

DURACIONES OBLIGADAS

Existen actividades que tienen **una duración fija**. Estas actividades no tienen relación con la medición, ni hay posibilidad de estimar su duración ya que es obligatoria.

En casos tales como los **periodos de fraguado y endurecimiento del hormigón**, sabemos que desde el hormigonado de una losa al desencofrado debemos esperar 28 días de calendario; **es un plazo obligatorio**.

DURACIONES INVENTADAS

Algunas **duraciones** son absolutamente **imposibles de determinar**. En esos casos se opta por inventar una probable duración de la actividad, que será modificada en la próxima revisión, cuando se disponga de elementos de juicio. Estas **duraciones inventadas se deben utilizar con buen criterio** y sin abusar de ellas; no deben utilizarse simplemente por falta de conocimientos del programador, sino solo en casos de verdadera imposibilidad de determinación de la duración.

DURACIONES ANHELADAS

La introducción de **estas duraciones, en general erróneas**, viene inducida por la tendencia a ver con buenos ojos el desarrollo de las actividades, en los casos en que una programación correcta excede del plazo deseado.

El programador toma como **duración de la actividad, la duración que a él le gustaría que durase**. Estos valores de duración son validos cuando se trabaja con diagramas de barras, pero no sirven para el sistema PERT o CPM. En realidad no tiene sentido alguno engañarse y suministrar datos erróneos, ya que **finalmente no se cumplirán los plazos de ejecución**. Este caso se menciona simplemente por la frecuencia con que tristemente se da en la realidad; en caso contrario ni sería mencionado.

2.4.7. LAS RELACIONES ENTRE LAS ACTIVIDADES. LIGADURAS Y RESTRICCIONES

Las relaciones entre las distintas **actividades** en que se ha dividido la obra a efectos de la **planificación** y posterior **programación**, **se deberán acomodar al método** con el que se piensa llevar a cabo, pues depende en gran medida de las posibilidades de ser recogidas por cada uno de ellos.

EL **CPM** y **PERT** sólo admiten relaciones de **final / comienzo** y hay que utilizar artificios como la **división de actividades en sub-actividades** para poder recoger otro tipo de ligaduras o restricciones.

El **Roy** admite además de la relación de **final / comienzo**, la de **comienzo / comienzo**, y puede reflejarse la **final / final** aunque con ciertas dificultades tanto para su elaboración, como posterior interpretación de los resultados.

Es el **SISTEMA DE PRECEDENCIAS** el que está especialmente diseñado para poder operar con las tres relaciones anteriores y si hiciera falta, con la **comienzo / final**, si bien **a costa de desdibujar la criticidad** de cada una de las actividades y por consecuencia la criticidad de las rutas o caminos críticos.

Todo ello lo veremos con más detalle cuando analicemos cada uno de éstos y otros métodos de programación.

En cuanto a las **restricciones**, el criterio más difundido y aceptado es el que resumo a continuación.

- **Restricciones físicas**, son las dependencias de tipo técnico. Si tenemos las actividades A, estructura de cubierta, y B, entablado de cubierta, es evidente que A precede a B. Como se muestra en la fotografía siguiente.
- **Restricciones de seguridad**, para evitar accidentes en la obra no permitiendo actividades simultáneas en la misma vertical de la obra.
- **Restricciones de recursos de equipos y mano de obra**, como ejemplo cuando una máquina tiene que realizar dos actividades que obviamente no puede ejecutar al mismo tiempo, y lógicamente deberán resolverse con una relación Final / Comienzo.
- **Restricciones administrativas**, vinculadas a las demoras que producen el retraso en decisiones o actuaciones que impiden el normal desarrollo de la obra, y que normalmente resolveremos con **Funciones Ajenas**.



Restauración de cubierta de **San Esteban de Los Balbases, Burgos. (B.I.C.) Año 2003.**
La demolición precede al repaso de los muros, éste al montaje de la estructura, posteriormente el entablado y teja,...

Arquitectos: Javier y José Carlos Garabito. Aparejador: Lucio Mata Ubierna

2.5. PROGRAMACIÓN GENERAL DE LAS OBRAS. ETAPAS Y ACTIVIDADES.

2.5.1. INTRODUCCIÓN

La programación de las obras es un proceso de lo general a lo particular.

El concepto de Programación de una Obra ha quedado definido en el punto 2.2.3. al cual me remito.

Cuando se aborda la programación de una obra, soy consciente que lo más probable es que no se cumpla. Entonces la pregunta inmediata sería **¿para qué programar?** Las razones son varias y todas importantes:

- a) Programar nos obliga a organizar y planificar la obra.
- b) Si se producen desvíos, normalmente retrasos, sabremos realmente que se están produciendo, conoceremos su cuantía y consecuencias.
- c) Podremos tomar decisiones para evitar esos retrasos o, al menos, minimizarlos.

Las obras de **gran volumen** se pueden **programar divididas en fases** aprovechando las zonas de diferenciación del edificio, por ejemplo las juntas de dilatación y realizando la conexión correcta entre las distintas fases.

Una vez realizada la Planificación de la obra y, partiendo de ella, la Programación se encargará de definir el **calendario de obra**, es decir fijar para cada actividad las **fechas más tempranas y más tardías para comenzar y terminar** se ejecución. Igualmente, y en función de este calendario, establecer la cantidad de **recursos** que serán necesarios utilizar para poder cumplir con las **fechas programadas**.

2.5.2. MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN.

Existen **varios métodos** de programación en la construcción, todos ellos **provenientes de la ingeniería**, con una adaptación forzada a las características propias del sector de la construcción.

- **Gantt:** Es un diagrama de barras, que muestra en un hipotético calendario el desarrollo de la obra. De **muy fácil manejo y comprensión** para no entendidos. Como **desventajas: No muestra la holgura de las actividades, ni el camino crítico, ni las relaciones entre las diversas actividades.**
 - **PERT:** Se basa en **tiempos estadísticos** y tiene las siguientes dificultades:
 - Necesita que la empresa tenga cierta antigüedad para poder tener datos estadísticos.
 - Aunque la empresa tenga la suficiente antigüedad a veces no dispone de estos datos, pues en la construcción se ha trabajado generalmente con datos ciertos de rendimientos.
-

- **CPM:** necesita **tiempos determinísticos** y es más usado para la programación de obras de construcción que el PERT.
- **ROY: No necesita realizar gráficos**, aunque en mi opinión sea muy conveniente hacerlos.
- **Sistema de Precedencias:** Permite una mayor amplitud de relaciones entre las actividades, pero la percepción de la criticidad de la actividad se debilita y, en consecuencia, las rutas o caminos críticos tienen una peor interpretación.

Los más utilizados son:

- GANTT, por su facilidad y comodidad aunque da muy poca información y de dudosa fiabilidad.
- El CPM que es el que mejor se adapta a la construcción y que a veces se confunde con el PERT.
- Siendo sin duda el método ROY el que mejor se adapta informáticamente.

Para poder programar un proyecto necesitamos realizar:

- Análisis y descomposición del proyecto en actividades del conjunto de las partes.
- Cálculo de tiempos y recursos que son necesarios para cada actividad, y por consiguiente la duración de la actividad en función de los recursos asignados a la misma.
- Establecer las relaciones de precedencia entre las actividades, con sus ligaduras y restricciones, si la hay.

En definitiva, haber realizado la **Planificación de la obra**.

2.5.3. PROGRAMACIÓN. AJUSTE DE PLAZOS Y TENSADO DE REDES. LA ASIGNACIÓN Y ARMONIZACIÓN DE LOS RECURSOS.

2.5.3.1. LA PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS

Partiendo de la Planificación realizada, podemos obtener mediante una pasada por el ordenador un primer programa de los trabajos, al que podemos llamar **programa básico**.

Una vez generado el programa básico de obra con los datos de cada actividad y sin tener en cuenta el plazo de obra máximo para la misma, fijado por contrato o por exigencias de la propiedad, para llegar al programa operativo será necesario, casi siempre, realizar el **ajuste de plazos**, pues sería una auténtica casualidad acertar a la primera con el plazo deseado y, en todo caso, a la **armonización de los recursos**, que **casi nunca son ilimitados**.

2.5.3.2. AJUSTE DE PLAZOS.

Lo correcto es realizar la programación sin tener en cuenta el plazo final de las obras. Es muy improbable que la duración del programa básico de obra coincida con la fecha de finalización impuesta. Lo normal es que la fecha del programa exceda a la impuesta. Si la diferencia es pequeña, tendremos que ajustar el programa, pero si ésta es grande hay que asumir desde su inicio que la obra se va a retrasar.

Hay que **distinguir** entre **plazos cortos y plazos rígidos**. Un plazo corto puede ser difícil de cumplir, pero normalmente no se causa grandes perjuicios si la obra se retrasa dentro de límites razonables. Un plazo rígido es un plazo inflexible, por ejemplo, el día de inauguración de un ayuntamiento restaurado, con presencia de autoridades y coincidiendo con las fiestas patronales. **Es mucho más preocupante un plazo rígido que uno corto.**

Disminuir la duración de las actividades **arbitrariamente**, sin criterio, para intentar encajar la obra, **anula la validez del programa**; es papel mojado. Cuando haya que cumplir plazos como sea, debido a exigencias de un organismo público, por ejemplo, para cumplir el expediente, se recurre al diagrama de barras, en el que las actividades pueden bailar con cierta facilidad en el grafo. El problema es que una vez en obra todas estas operaciones de maquillaje de fechas no se cumplen, y se impone la realidad, y la obra, **como no ha sido programada correctamente, se retrasa.**

Descarto de forma rotunda la disminución de la duración de las actividades de forma arbitraria y que en opinión de Mateos Perera, con la cual coincido plenamente, **genera el llamado “efecto muelle”** definiéndolo como: *“El tensado artificial de un programa de obra por encima de sus posibilidades reales de aceleración, generando otro programa ficticio que nace en estado de sobrepresión y, que en obra, en su desarrollo normal se encargará de descomprimir”*.²⁹

2.5.3.3. TENSADO DE REDES

Para acortar de manera ortodoxa la duración de la obra, procedimiento que conocemos como **tensado de redes**, podemos recurrir a las siguientes decisiones:

1. **Aumentar los recursos** de las actividades a acelerar, **normalmente actividades críticas**, para disminuir su duración. Aunque la cantidad de recursos y la duración de la actividad no están estrictamente en correlación y tampoco podemos reducir una duración indefinidamente aumentando los recursos.
2. **Aumentar el porcentaje de solapes** de las actividades. Reconsiderar el grado de solape de las actividades precedentes y siguientes, realizándolas con un **grado de simultaneidad tan grande** como sea posible. Con este procedimiento se puede lograr una reducción sustancial de la longitud del **camino crítico** sin disminuir ninguna duración ni incrementar recursos. Realizado con criterios objetivos, mejora la calidad de la red.
3. Otras, como eliminar de la ruta crítica alguna actividad, que pensamos se pueda hacer posteriormente, normalmente será una decisión equivocada, salvo que se parta de una incorrecta planificación.

²⁹ MATEOS PERERA, JESÚS. (2003). “La programación en la construcción. El PERT en versión completa”. (2ª edición ampliada y revisada). BELLISCO, Ediciones Técnicas y Científicas. Página 112.

Cualquiera de estas **decisiones habrá de comprobarse** para ver cómo han afectado al conjunto de la red, puesto que **es posible que hayan entrado en criticidad actividades** cuya holgura es pequeña y, en consecuencia, se produzca un cambio en la o las rutas críticas, situación que sucederá con frecuencia, sobre todo, si el programa ha resultado ser equilibrado, es decir, donde no existen rutas con holguras excesivamente grandes.

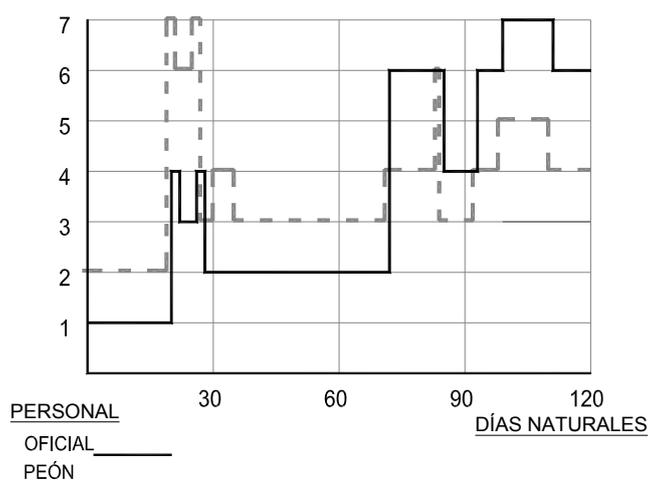
En todo este proceso habrá que tener en cuenta que hay actividades que no pueden realizarse **simultáneamente**, por condicionantes de **espacio físico** para trabajar a la vez, por **seguridad** en la obra, o por cualquier otra circunstancia, y habrá que resolverlo mediante la fijación de las restricciones adecuadas para evitar que estas situaciones se produzcan.

2.5.3.4. ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS

En la **fase de Planificación** se han ido asignando los recursos de todo tipo (maquinaria, humanos, económicos,...) con los que se pretende llevar a cabo la ejecución de cada una de las actividades y por consiguiente, la construcción de la obra.

Será el **programa básico** el que nos **alerte de la simultaneidad** con que habrán de ser **utilizados los recursos** y consecuentemente de la **práctica imposibilidad** de realizar la obra de acuerdo **con este programa básico**, y ello por varias razones:

1. Los **recursos nunca son ilimitados** y normalmente existirá un nivel máximo de disponibilidad de cada uno de ellos, que no podremos superar al menos sin adoptar medidas extraordinarias.
2. Aun suponiendo que pudiéramos disponer de todos los recursos previstos, la propia realidad física de la obra y sus condiciones técnicas y constructivas **nos impedirán probablemente usarles simultáneamente**, es decir, coincidiendo en el espacio y en el tiempo.
3. Cuando realicemos **los histogramas de los recursos** esenciales (personal, maquinaria, etc) correspondientes al programa básico, **nos encontraremos** en muchos casos con que **la necesidad de algunos recursos supera con mucho la disponibilidad** que tenemos de ellos, y prácticamente siempre estos histogramas presentarán grandes **crestas** por acumulación de actividades en los que han de usarse y **senos** por la finalización de alguna de estas actividades. Estos altibajos (crestas y senos) se repiten con demasiada frecuencia a lo largo del proceso y **nos produce un efecto pernicioso que nos impide aceptar como buena la programación establecida**. A continuación ofrecemos el ejemplo de un histograma de personal imposible de cumplir y por lo mismo **inaceptable**. Fig. 2.1.



HISTOGRAMA DE PERSONAL

Fig.2.1.

Estas razones, junto con otras, como son las restricciones tecnológicas, nos permite afirmar que el **programa básico** se ha de considerar como un **punto de partida para llegar al programa operativo** y por lo tanto en ningún caso lo podemos aceptar como instrumento válido para ejecutar la obra de acuerdo con lo previsto en el mismo.

A pesar de lo dicho anteriormente, no cabe ninguna duda de que el **programa básico nos va a facilitar unos primeros resultados** que son la base de la que partiremos para llegar a la programación definitiva con la que acometer la ejecución de la obra.

Estos resultados son:

- La **duración** prevista de la obra.
- El **calendario** de los tiempos más tempranos y más tardíos de cada una de las actividades.
- La **criticidad** de cada una de las actividades y consecuentemente la determinación de la o las rutas críticas.

2.5.3.5. LA ARMONIZACIÓN DE LOS RECURSOS. OBJETIVOS

Al proceder a **realizar la armonización** de los recursos debemos mantener los **siguientes objetivos**:

- La **duración de la obra** debe **respetarse** incorporándose las prioridades que se hubiesen establecido.
- Los **recursos asignados no deben sobrepasar los niveles fijados** para cada uno de ellos.
- Los **histogramas** de cada uno de los recursos deberán ser lo más regulares posible, y en especial **el de la mano de obra**, pues es prácticamente **imposible de cumplir si presenta crestas y senos pronunciados**.

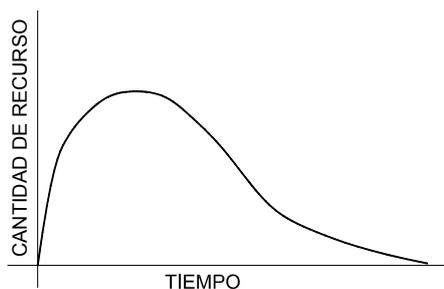
Para realizar la **armonización** de los recursos **partiremos del programa básico, una vez ajustados los plazos** a las exigencias requeridas para la ejecución de la obra.

2.5.3.6. LA ARMONIZACIÓN DE LOS RECURSOS. CONSIDERACIONES.

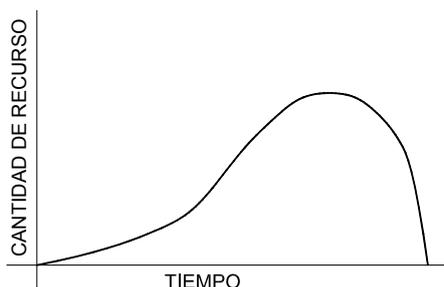
Desestimo, por falta del más elemental rigor científico, la forma en que comúnmente se ha venido resolviendo esta cuestión, confiando en el buen **criterio del jefe de obra** experimentado e intuitivo, consistente en dar prioridad a la ejecución de las actividades que tienen menor holgura y postergando las de mayor holgura.

Siendo esencialmente correcto el criterio anterior, lo científicamente aceptable es realizar los histogramas de carga, fruto de considerar en cada momento la suma de los recursos de igual naturaleza utilizados y, a partir de estos histogramas, proceder a su nivelación según veremos más adelante.

Si optáramos por ejecutar **cada actividad en sus momentos más temprano**, obtendríamos una curva de utilización de los recursos del tipo representado por la siguiente figura:



Si por el contrario decidimos **ejecutar cada actividad en el momento más tardío** que nos permita el programa básico, la curva anterior pasaría a tener un aspecto parecido al de la figura:



Por último, no podemos omitir que **cuando una actividad tiene una holgura excesiva**, normalmente es como consecuencia de una **sobreabundancia de los recursos asignados** y precisamente una correcta armonización, tendrá en cuenta todas estas circunstancias.

2.5.3.7. SISTEMAS DE ARMONIZACIÓN DE LOS RECURSOS. MÉTODO HEURÍSTICO.

Parto de la base que **para armonizar los recursos** tengo que **suavizar las curvas de carga** de los mismos y, para ello deberé mover hacia la derecha, **retrasando, alguna de las actividades** que los utilizan.

Aunque existen **diversos métodos** basados en la **teoría matemática de los máximos y mínimos**, en las **analogías físicas** e incluso en la **geometría analítica**, por ser excesivamente complejos en su aplicación y desde luego, de resultados inciertos en el tema que nos ocupa, **tendremos que recurrir a los métodos heurísticos** basados en reglas de decisión formales que **nos aseguran resultados buenos o muy buenos**, aunque posiblemente no sean los óptimos difícilmente alcanzables.

Las **reglas de decisión** consistirán en otorgar un grado de **prioridad a cada actividad** basándonos en la criticidad que presenta cada una de ellas, y ordenándolas según alguno de los siguientes criterios:

- Por su holgura total creciente.
- Por el comienzo más tarde creciente.
- Por el comienzo más pronto creciente.

El **desplazamiento de las actividades** que utilizan los recursos sobredimensionados, con holgura suficiente, y **que ocupan las crestas de los histogramas de carga** a las zonas de **los senos** habrá que realizarlo por los siguientes artificios:

- a) Mediante **desfases temporales** de las actividades que se quieren desplazar.
- b) Sometiéndolas a las llamadas **restricciones disyuntivas** que nos obligará a establecer entre ellas relaciones de **final / comienzo**, para que no coincidan en el tiempo a la hora de ejecutarse.

Lógicamente **al proceder**, adoptando cualquiera de estos criterios, a **armonizar los recursos** mediante sucesivas pasadas por el ordenador, el programa resultante nos dará actividades en general con holguras menores y consecuentemente un **programa de trabajo más rígido**.

El **programa de los trabajos así obtenido**, es decir, **ajustado los plazos** totales y parciales, **recogidas las restricciones** de todo tipo y **armonizados los recursos** hasta un nivel aceptable, es el que con rigor considero el **programa operativo** de la ejecución de obra.

2.5.4. CALENDARIO DE LA OBRA

El **calendario de obra** se **obtiene** del **programa operativo** es decir una vez ajustados los plazos y armonizados los recursos y se considera como el documento del proyecto o del contrato base para el **control de la marcha de los trabajos**.

El calendario de obra se toma como punto de referencia para el control de producción y nos da lo que hemos ejecutado y podemos compararlo con lo que teníamos previsto ejecutar.

En este calendario se establecen cuatro fechas para cada actividad:

1. **Fecha de comienzo más temprana:** es lo más pronto que puede empezar la actividad.
2. **Fecha de comienzo más tardía:** lo más tarde que puede empezar la actividad de manera que con su duración prevista no retrase la duración del proyecto.
3. **Fecha de finalización más temprana:** nos indica lo antes que puede finalizar la ejecución de la actividad.
4. **Fecha de finalización más tardía:** es la fecha tope en la que debe finalizar la actividad de manera que con su duración prevista no retrase la duración del proyecto.

En una **actividad crítica coinciden las fechas** más tempranas y tardías tanto para el comienzo como para la finalización.

Igualmente este calendario de la obra nos dará la **holgura total, libre e independiente** que cada **actividad** tiene y que nos **permitirá establecer unas prioridades** a la hora de ejecutar cada una de ellas, normalmente de menor a mayor criticidad.

Debido a lo farragoso que puede llegar a ser su manejo e interpretación, se **han realizado intentos de presentarlo en diagrama de barras, tipo Gantt, incorporando las holguras obtenidas**, a los que no siempre les ha acompañado el acierto, pero que dado su innegable utilidad, me propongo profundizar en su diseño.

2.6. CONTROL GENERAL DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

En este apartado de control general de ejecución de las obras considero que los conceptos planteados por Mateos Perera³⁰ son muy acertados y plenamente vigentes, por lo que realizaré un resumen de las partes más sustanciales, con aportaciones propias.

2.6.1. REVISIONES DEL PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS: SEGUIMIENTOS Y ACTUALIZACIONES.

Cuando se está ejecutando la obra es **necesario revisar el programa de ejecución** de las obras, para comprobar la realización en el tiempo de las actividades, posibles retrasos y soluciones.

El **seguimiento de obra** consiste en obtener información sobre el estado de la obra en la fecha de control y comparar la situación real de la marcha de los trabajos con la programación de éstos.

La **actualización**, en cambio, **implica generar un nuevo programa** de ejecución de obras, partiendo del antiguo, en la fecha de control. Como es lógico, tendremos que hallar la nueva fecha del suceso final, con el retraso sobre la programación inicial, y las nuevas rutas críticas. Una vez armonizados de nuevo los recursos obtendremos un nuevo programa de trabajo, que lo llamo **reprogramación** de las obras.

En la actualización se ha realizado previamente un seguimiento. Lo que no implica que después de cada seguimiento se tenga que realizar una reprogramación.

El **ritmo de las revisiones** varía según diferentes variables, como la posibilidad de tener que introducir modificaciones sustanciales durante la ejecución de las obras por **imprevistos**, caso muy frecuente en restauración, aunque el **plazo habitual** es de una **revisión mensual**, que puede ser quincenal en determinadas actividades de interés e **incluso semanal en actividades críticas**.

El **mejor de los programas** posibles siempre **presentará desviaciones** en la ejecución. La importancia de estas desviaciones depende de: la calidad de la planificación inicial, aparición de circunstancias externas, climatología adversa,... lo realmente importante no es la aparición de desviaciones, siempre surgen, sino su cuantía y el poder detectarlas a tiempo con objeto de **corregirlas** o al menos **minimizarlas**.

Estos **desvíos son debidos** fundamentalmente al incremento de duración de las actividades (al realizar el estudio de la actividad los rendimientos supuestos han sido forzados de un modo optimista para acortar plazo) o al desconocimiento de las tareas a programar (por estar ubicada la obra en un área geográfica con circunstancias especiales que ignoramos, por ejemplo).

El **modo correcto** de plantear una **actualización** es **considerar la obra en el momento actual**, como la reanudación de una obra rescindida que se contrata con otra empresa, y ya se ha realizado parte de la obra.

³⁰ MATEOS PERERA, JESÚS. (2003). “*La programación en la construcción. El PERT en versión completa*”. (2ª edición ampliada y revisada). BELLISCO, Ediciones Técnicas y Científicas. Páginas 168 a 177.

Para ello debemos **estudiar**:

- **Actividades terminadas**, que deben desaparecer de la red.
- **Actividades en curso**, varía su duración.
- **Desaparecen ligaduras y restricciones** al eliminar actividades completadas.
- **Establecer las nuevas relaciones** para completar la red.
- **Volver a estudiar los rendimientos supuestos**, comparando éstos con los de la obra.
- **Realizar de nuevo la armonización de recursos**.

Lo que **no se debe hacer**, para simplificar nuestro trabajo, **es asignar una duración igual a cero a las actividades ya ejecutadas** por que daría lugar a errores, como en el sistema ROY, en el que existen **restricciones de posterioridad máxima**, y podría suceder que incluso se alargase el plazo total de la obra.

2.6.2. RETRASOS Y ADELANTOS

Es complicado conocer en obra el **retraso o adelanto** existente en relación al programa de trabajo ya que las variaciones de tiempo se producen en diferentes actividades, críticas o no, cada una de ellas con sus holguras totales, libres o independientes.

El mejor modo para saber el retraso o adelanto real de la obra es **realizar una actualización** del programa con las variaciones surgidas en obra. De este modo hallaremos la fecha del último suceso y, comparándola con el programa de obra inicial, el retraso o adelanto real de toda la obra. También conoceremos las nuevas rutas críticas.

Si realizamos un estudio de las variaciones de tiempo actividad por actividad, tendremos que tener en cuenta las holguras de cada actividad.

De este modo, un **retraso al inicio** de una **actividad crítica** o un incremento de su duración **repercutirá directamente** en el **plazo total del proyecto**. Si la actividad no es crítica este retraso puede ser absorbido por su holgura o amortiguado por el resto de la cadena. Si se incrementa la duración de una actividad por encima de su holgura libre, se repercute este incremento en el resto de la cadena y se modifican los márgenes de las demás actividades por lo que se debe actualizar el programa de obra.

Un **adelanto en el camino crítico no implica necesariamente que este mismo plazo** se aplique al **suceso final**. Con este adelanto alguna de las **rutas críticas de segundo orden** podrían **transformarse en críticas de primer orden** y ser éstas las que fijarían el nuevo plazo de la obra.

2.6.3. SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control los utilizaremos en su más amplia acepción, controlando y rectificando si es preciso, para cumplir el programa de obras planteado antes del inicio de las mismas.

Hay tres posibilidades de control

- **Cambiar la duración de las actividades:** organizando mejor los trabajos; disminuir la duración incrementando los recursos y aumentando el coste (no siempre); cambiando la armonización de recursos, ...
- **Cambiar la estructura del grafo:** Subdividiendo las actividades o disponiendo en paralelo las que sea posible, disminuyendo la duración de los caminos críticos mediante cambios en la ordenación de las actividades,...
- **Cambiar la naturaleza del proyecto** u obra: Si vemos que es imposible cumplir lo programado podemos adoptar decisiones constructivas con **sistemas de ejecución más rápidos** que los planteados en inicio, por ejemplo realizar la tabiquería interior con paneles de cartón yeso en vez fábrica de ladrillo.

Una vez concretado el programa de obra de un proyecto determinado, el control se realiza de acuerdo con los pasos siguientes:

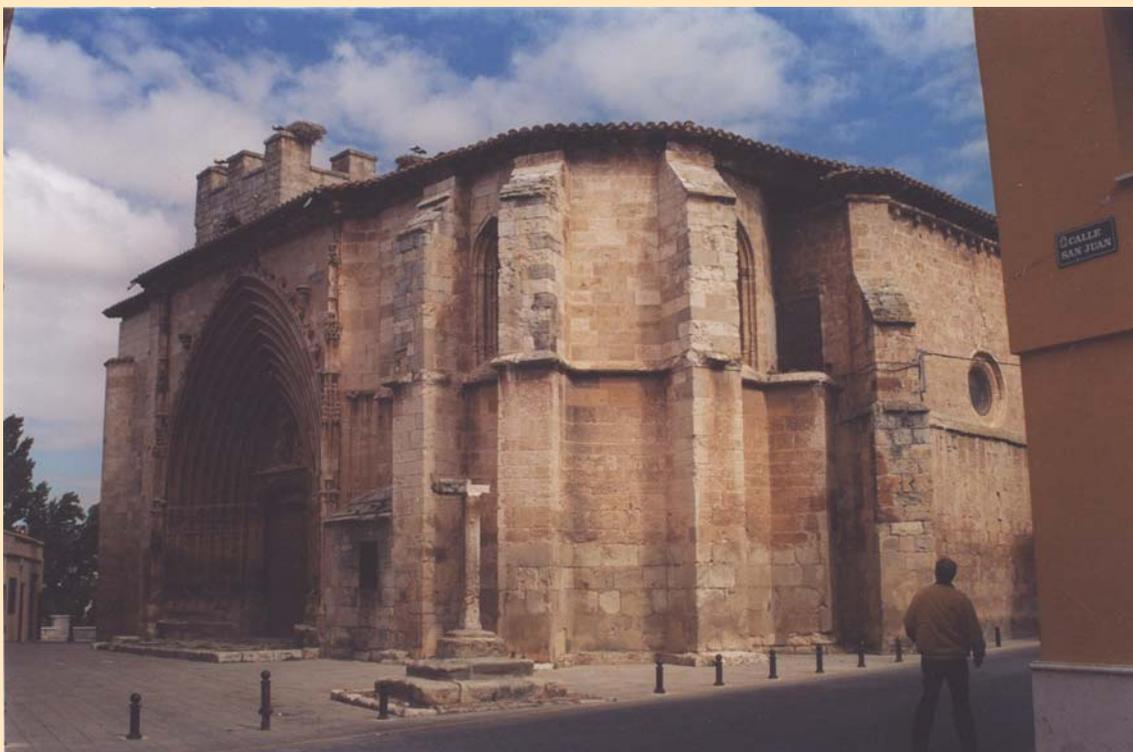
Evaluación inicial: Del programa de obras cuyo control vamos a realizar, obtenemos información sobre: la fecha del último suceso; el camino o caminos críticos; duración, holguras y fechas de la actividades no críticas y subcríticas; si es un PERT, la probabilidad de cumplimiento del calendario; si es un sistema CPM ó PERT Coste, la relación entre duración del proyecto y costes del mismo.

Control del programa durante su ejecución: los datos reales irán reemplazando las estimaciones previstas según se ejecuten las obras. Estos datos los analizaremos para realizar el control mediante un ciclo de control.

Proceso de control de las obras:

Es el proceso en el que se realiza, entre otras las siguientes tareas:

- Estudiamos los datos iniciales, recogidos en la programación de la obra.
 - Recogemos y analizamos los datos reales de duración de las actividades en la obra, así como los rendimientos reales de los recursos asignados a estas actividades.
 - Realizamos la **reprogramación** ajustada a esta realidad, con estos datos.
 - **Si esta nueva reprogramación varía el plazo de acabado de la obra, y este fuera perentorio, se realizarían los tensados de redes oportunos de la parte de obra no ejecutada, hasta conseguir respetar el plazo final de obra, o al menos minorar su retraso.**
-



Restauración de la Iglesia de San Juan, Aranda de Duero. Burgos. (B.I.C.)
Arquitectos: José manuel Álvarez Cuesta Javier Garabito López
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

CAPITULO 3

PARTICULARIDADES DE LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL EN LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO MONUMENTAL.

“¿Qué puede haber imprevisto para el que nada ha previsto?”

Paul Valéry

3.1. INTRODUCCIÓN

La relevancia del patrimonio monumental de España está contrastada internacionalmente, siendo junto con Italia uno de los países con mayor número de monumentos declarados **Patrimonio de la Humanidad** por la UNESCO.

La sociedad en su conjunto se encuentra concienciada de esta importante herencia y exige mantener nuestras señas de identidad y facilitar la transmisión de este valioso legado a las generaciones futuras.

En el caso de **Castilla y León**, caracterizada por su **ingente patrimonio** monumental, la restauración y rehabilitación de monumentos está tomando un gran auge en los últimos años y se prevé que la adquiera mayor en un futuro.

La planificación, programación y control de las obras de restauración es cada vez una **necesidad más perentoria**, y sin embargo los instrumentos utilizados de programación han surgido en el ámbito de la ingeniería industrial y militar (Gantt, CPM, PERT, Roy...) Los arquitectos, arquitectos técnicos y demás técnicos implicados en el proceso edificatorio no hemos sido capaces de crear instrumentos específicos para la edificación, limitándonos a asimilar estos instrumentos propios de la ingeniería, adoptándolos sin mucho entusiasmo y mucho menos **adecuarles a las especiales características de las obras de restauración** y conservación de nuestro patrimonio monumental.

Por otra parte, no es lo mismo programar la fabricación en serie de un elemento y siempre con los mismos condicionantes y recursos, propio de la ingeniería, que programar una obra de edificación, donde los recursos destinados para la ejecución, la situación geográfica del solar, las fechas de inicio de obra, la climatología, accesos,... varían sustancialmente de una obra a otra, aun siendo el mismo proyecto. No hay dos obras iguales. **Cada obra es un prototipo.**

Si en el caso de edificación de nueva planta, donde el método comúnmente utilizado es el Gantt, **la planificación** muchas veces **se considera un mero trámite** para cumplir el expediente administrativo, **el problema se agrava exponencialmente** cuando nos introducimos en el campo de la **restauración de monumentos**.

Antes decíamos que cada obra de edificación es diferente, que es un prototipo. **En la restauración, cada obra es también diferente, un prototipo, pero a la vez es un monumento** que debemos preservar o poner en valor.

3.2. LOS IMPREVISTOS EN LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN

La obra ejecutada es muy difícil que coincida plenamente con la proyectada. Los cambios realizados durante la ejecución de obra se producen por condicionantes imprevistos o desconocidos que no siempre afectan a los costes de ejecución de la obra, ni a la memoria de calidad del promotor.

En obra nueva si el proyecto es impecable (por desgracia no suele ser lo habitual) **los problemas** normalmente surgirán en la ejecución de la obra en la **fase enterrada**, tanto en movimiento de tierras como en cimentación, por haber realizado mal el estudio del terreno o haber malinterpretado el estudio geotécnico. Una vez en la cota cero, ya sobre rasante, no existen generalmente incógnitas ni sorpresas y el desarrollo de la obra debe ser el previsto.

En cambio cuando se redacta un **proyecto de restauración**, intentando ser lo más objetivo y riguroso posible y adoptando todas las medidas necesarias para conocer el edificio, su historia, evolución y patologías existentes, siempre existen **imprevistos** durante la ejecución, ya sea:

- En unos casos **debido a la premura de entrega de proyecto**, que ha imposibilitado realizar los **estudios necesarios para establecer los criterios de intervención**. Estos estudios normalmente se realizarán durante la ejecución de las obras, siendo causa habitual de retraso en todas las actividades que dependen de los mismos. Por ejemplo, en la restauración de una fachada: estudio de pátinas, presencia de sales y de tratamientos de limpieza de la piedra.
- En otros, por **falta de medios físicos para comprobar “in situ” científicamente el estado inicial del monumento**. Por ejemplo, para restaurar una portada de una iglesia de una cierta altura lo ideal sería tener montados los andamios durante la redacción del proyecto, para poder acceder a cada uno de los elementos, estatuaria, bajorrelieves,... y así poder realizar todos los estudios y comprobaciones necesarias sobre el estado del monumento.
- O bien por la total **imposibilidad de acceder físicamente al elemento sin iniciar previamente el proceso de restauración**. En muchos casos, para acceder a la parte del monumento que se ha de restaurar, tenemos que demoler parte del mismo. La cobertura, en el caso de restauración de una cubierta inaccesible desde el interior del monumento.

Las obras de restauración son muy complejas. Se parte de hipótesis razonables sobre el estado del inmueble y **una vez empezada la obra el estado real del monumento** es en demasiadas ocasiones el que **dicta los nuevos criterios de intervención**.

Se planteó a este técnico la restauración de la ermita de Nuestra Señora del Campo de Castildelgado, Burgos, en pleno Camino de Santiago. Entre otras obras de puesta en valor y eliminación de patologías, en el interior de la ermita estaba previsto eliminar un trasdosado ejecutado hacía sesenta años para evitar humedades, que lo único que hizo fue crear un ecosistema de hongos y musgos, y picotear el revestimiento existente para posteriormente revestir con mortero de cal.

Como criterio de intervención se estableció que quedase vista la sillería inicialmente oculta de las pilastras, arcos y nervios de bóvedas.

La realidad fue que, una vez demolido el trasdosado y eliminado puntualmente el recubrimiento de las presuntas pilastras de sillería, las fábricas no eran ni sillería, ni mampostería desconcertada ni desconcertante. Las pilastras estaban conformadas por una serie de bolos de piedra mal ligados con un paupérrimo mortero de cal, sin ningún tipo de enjarge con el muro, y con el riesgo de ruina inminente. Se adoptó la decisión de timpanizar las bóvedas y reforzar estructuralmente las pilastras, cosiéndolas al muro. En definitiva, **una obra menor de maquillaje se transformó en una obra mayor con grave riesgo de ejecución.**



Restauración de la ermita de **Nuestra Señora de Castildelgado (Burgos).**
Año 2002.
Timpanización de bóveda.
Arquitectos: Javier y José Carlos garabito López
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

3.3. LAS FUNCIONES AJENAS EN LA RESTAURACIÓN DE LOS MONUMENTOS

En las obras de restauración y rehabilitación existen una serie de actividades que son específicas de este tipo de obras.

El hecho de actuar sobre una arquitectura construida, que forma parte de la **memoria colectiva de una sociedad**, nos obliga a actuar con precaución, siguiendo **criterios científicos y razonados**, evitando las decisiones caprichosas o arbitrarias.

Es habitual que durante **el proceso de planificación** de una obra, **surjan una serie de actividades**, de suma importancia, **difícilmente incorporables** en nuestra **programación al desconocer su duración**. Son actividades que no son unidades de obra o tareas propiamente dichas, ya que no incumben a personal técnico adscrito a la empresa constructora ni a veces tampoco a la dirección facultativa, en definitiva, son **“ajenas”**.

Tampoco las denominamos actividades ya que por su carácter se adecua más a la definición de **“función”**.

Como ejemplo en obras de restauración y rehabilitación:

- Previo a realizar la restauración de una fachada desviar las conducciones de alumbrado, eléctricas,... existentes.
- **Durante la restauración** de una portada policromada, debemos conocer el tipo de piedra, caracterizar la misma, sus patologías, existencia de policromías, existencia de sales, tener estudiados los diferentes tratamientos de limpieza químicos o físicos, tratamientos de preconsolidación y consolidación de las fábricas, tener instrumentalizadas las grietas si están vivas, etc ... esperar a ver las conclusiones de los estudios petrológicos de tratamiento y limpieza de piedra, para respetar las pátinas originales y recuperar las policromías ocultas por intervenciones anteriores.
- **Aparición de restos arqueológicos no previstos** en proyecto, durante el refuerzo estructural por batches de un muro. Necesidad de inspección de arqueólogo.

Todos estos **“imprevistos”** se deben resolver en la programación mediante **funciones ajenas**, ya que inciden desfavorablemente en la marcha de la obra si no están resueltos en el momento de iniciarse las **actividades condicionadas** por ellas.

En el **Capítulo 1** al analizar de forma sucinta **la evolución histórica de los criterios de intervención** en el patrimonio se deduce fácilmente que cada vez es más necesario actuar con una **visión multidisciplinar** y que siendo el arquitecto el autor del proyecto y responsable último de la intervención realizada, necesita la colaboración en distintos momentos del proceso de especialistas en campos tan diversos como: historiadores de arte, ingenieros, arqueólogos, químicos, petrólogos, restauradores, ... que deberán realizar estudios con sus informes respectivos, tanto previos a la ejecución de la restauración como durante la misma.

Dentro de este grupo de estudios, tenemos entre otros:

- **Estudios históricos.** Conocimiento de la historia del edificio, de su evolución estilística. Estudio de las diferentes intervenciones realizadas en el mismo, ya sean de ampliación, de reforma o de restauración.
- **Estudios petrológicos:** Para caracterizar la piedra. Estudio de presencia de sales, de presencia de policromías. Procedimientos de limpieza de la piedra, físicos o químicos.
- **Estudios arqueológicos.** Tanto catas arqueológicas como seguimiento arqueológico durante la ejecución de las obras de restauración.

Hemos señalado que **el escenario idóneo para iniciar la redacción de un proyecto sería con todos los estudios previos realizados y con las conclusiones** de éstos en la mano, para poder establecer los **criterios de intervención** con una cierta seguridad. Esto no es lo habitual, por lo que **deberíamos incluir estos estudios externos a la dirección facultativa dentro de la programación de obra**, para evitar paralizaciones de la obra por falta de información de las actividades que necesitan de estos informes. No debemos realizar **intervenciones a ciegas**, sobre todo cuando el daño puede ser irreversible.

Todos estos **estudios** se pueden considerar **como funciones ajenas**. Actividades que no implican recursos de la empresa, que consisten en suministrar material, información o datos para seguir con el correcto desarrollo de la obra.

También **podemos considerar funciones ajenas**, otras actuaciones en obra como **el seguimiento arqueológico**, que ya están de por sí incluidos en el proyecto, que implica también la entrega de informes y conclusiones que pueden afectar sensiblemente el desarrollo de la obra e incluso replantear los criterios de intervención.

Un ejemplo claro de incidencia en obra por no considerar las funciones ajenas, lo sufrí como coautor del proyecto y codirector de las obras de restauración de la portada sur de Santa María de Aranda de Duero (B.I.C.) monumento emblemático de la villa ribereña. El proyecto se redactó sin tener los estudios petrológicos realizados, por falta de medios auxiliares. Como es lógico, previo a iniciar los tratamientos de la piedra, (consolidaciones, limpieza por láser, hidrofugados,...) necesitábamos los estudios que corroboraran la idoneidad de los mismos, con la consiguiente demora al no poder desarrollar al ritmo previsto la obra. En tanto no se tuvo la certeza sobre estos criterios de intervención, la obra estuvo prácticamente paralizada.



Portada sur de Santa María de Aranda de Duero Burgos. (B.I.C.). Restauración del año 2001.

Arquitectos:
José Manuel Álvarez Cuesta
Javier Garabito López

Aparejador:
Lucio Mata Ubierna

3.4. FACTORES EXTRÍNSECOS DE LA INTERVENCIÓN EN LOS MONUMENTOS

Son factores que afectan a la ejecución de la obra, pero ajenos al propio edificio, como la **climatología** (pluviométrica, temperaturas máximas y mínimas, vientos dominantes y sus velocidades), **accesos a la obra** (posibilidad de carga y descarga), disponibilidad en el entorno de **maquinaria y personal cualificado**, existencia de **empresas auxiliares**; existencia y tipo de **proveedores**,...

Estos factores extrínsecos no son únicamente propios de las obras de restauración, también afectan a las de nueva planta, pero lo que queremos estudiar en este apartado es **cómo influyen específicamente en las obras de restauración**, en las que podemos **poner en peligro el monumento** por una mala programación de las obras.



Iglesia de **San Esteban de Pineda de la Sierra. Burgos. (B.I.C.)**

Fachada norte. Se aprecia la rigurosidad del clima, con la aparición de musgos y líquenes. Es zona de fuertes nevadas.

Arquitectos: Javier y José Carlos Garabito López

Aparejador: Lucio Mata Ubierna

3.4.1. CLIMATOLOGÍA

La climatología de la zona geográfica en la que se sitúa el proyecto a ejecutar tiene una gran influencia en la duración de las actividades. Entendiendo que cuanto más expuesta sea a la intemperie la actividad la influencia será mayor. También actividades consideradas sustancialmente interiores pueden ser afectadas por la climatología, debido a sus características, como actividades que requieren una determinada temperatura o condiciones de humedad para lograr un secado, o restauración de elementos de piedra, en fachada o interior, o estructuras de madera mediante prótesis beta en las que las resinas de restauración requieren que la temperatura ambiente esté dentro de un intervalo determinado para polimerizar correctamente.

Todo lo expuesto anteriormente **afecta tanto a las obras de nueva planta como a las de restauración**. Pero en las de restauración tenemos el agravante de que aparte de avanzar con los trabajos previstos en el proyecto de obra, tenemos que **proteger al monumento durante el proceso de restauración** o rehabilitación, por lo que **la incidencia de la climatología es mucho mayor** en este tipo de obras.

Si estamos actuando en la **restauración de una cubierta** de una iglesia durante una época de precipitaciones atmosféricas, sean **lluvias o nieve**, tendremos que buscar el medio de **proteger** el trasdós de las bóvedas o el interior del monumento para evitar que se humedezcan los riñones de las bóvedas, con el riesgo de colapso estructural, o que se acumule nieve, aumentando la carga muerta sobre las bóvedas.



San Esteban de los Balbases. Burgos. (B.I.C.) (2003)

Durante la restauración de la cubierta se produjeron importantes nevadas que impidieron el correcto desarrollo de los trabajos. Colocación de lonas de protección de las bóvedas.

Arquitectos: Javier y José Carlos Garabito López Aparejador: Lucio Mata Ubierna

Se podría dar la **paradoja de causar más daños que beneficios durante una restauración**, inadecuadamente **programada**.

A la hora de estudiar los rendimientos de las actividades tenemos que tener en cuenta el **factor de pérdida de rendimiento debido a la climatología** para cada actividad. Habrá actividades muy sensibles a la climatología, mientras que otras apenas serán afectadas. Incluso existirán actividades que serán prácticamente irrealizables bajo ciertas condiciones climatológicas de temperatura, precipitaciones, vientos o humedad.

Otro factor a tener en cuenta en la planificación es el calendario de inicio y final de cada actividad, ya que la climatología varía con los meses. **Lo ideal sería saber la fecha de inicio** de la obra para poder tener los **datos estadísticos de la climatología** y poder aplicar éstos a las actividades, para conocer las pérdidas de rendimiento de cada actividad de acuerdo a las condiciones climatológicas de esa fecha determinada.

Las consideraciones anteriores presentan el **grave inconveniente de hipotecar toda la planificación** de las actividades a una fecha de inicio de las obras determinada, y si la obra se iniciase un par de meses después de lo previsto inicialmente, todas las duraciones calculadas o estimadas de las actividades serían erróneas, al variar las circunstancias climatológicas que las afectan.

3.4.2. ACCESOS A LA OBRA

La civilización occidental es **heredera de la cultura grecorromana**. Una de las características de nuestra cultura es la sacralización del lugar físico, el ***genus loci*** romano.

De este modo **los principales monumentos**, sobre todo los de carácter religioso, **se encuentran situados en localizaciones preeminentes de la ciudad histórica**, que presentaban accesos muy adecuados en la época en que fueron erigidos, pero que hoy en día, con las necesidades actuales de accesibilidad, tanto peatonal como rodada, suelen ser deficientes, sobre todo para acceder a su restauración.

Este es el caso de los monumentos situados dentro de las zonas históricas peatonales de nuestras ciudades. Existe un horario determinado de carga y descarga, que afecta al ritmo de trabajo de determinadas actividades, es muy complicado delimitar una zona adecuada de acopio de materiales o situar las casetas de obra o la grúa, y las dimensiones de las calles de acceso limitan el uso de maquinaria de transporte.



Iglesia de San Lorenzo, Burgos.

Situada en pleno casco histórico, en una calle peatonal muy conocida por sus establecimientos de restauración, en este caso, gastronómica.

Arquitectos: Javier y José Carlos Garabito López

Aparejador: Lucio Mata Ubierna

Otros inconvenientes, no menores, los tendremos con las **edificaciones alejadas** del casco urbano, como pueden ser Ermitas, a las que se accede esporádicamente en procesión, o **fortificaciones militares** situadas en zonas adecuadas a su función, es decir, **inexpugnables**.

El **principal inconveniente** es que se puede dar la circunstancia de que **no exista acceso rodado** de ningún tipo, y que tampoco contemos con las infraestructuras mínimas para acometer las obras, como agua o energía eléctrica.

Otra situación habitual que se presenta a la hora de programar una obra respecto a los accesos es la importancia del patrimonio edificado de los **pueblos semidespoblados** de nuestra comunidad autónoma. En el caso de la provincia de Burgos, existen más de 2000 municipios. Con el proceso migratorio del medio rural al urbano, muchas de estas poblaciones tienen un censo inferior a 100 habitantes.

Este problema de **fijación de la población** en el medio rural **afecta a la conservación del patrimonio**, y sobre todo a las acciones de **mantenimiento** del mismo.

El acceso rodado a estos núcleos no suele ser el idóneo, dependiendo en gran medida de las condiciones climatológicas, nieve sobre todo, por lo que la programación de la obra puede ser afectada gravemente. Además en estas poblaciones las infraestructuras urbanas suelen ser deficientes. En la programación de las obras tendremos que conocer el estado de las instalaciones urbanas de abastecimiento de agua, saneamiento, suministro eléctrico, etc...

3.4.3. DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIA Y PERSONAL ESPECIALIZADO

En las obras de restauración los oficios y la maquinaria empleada requieren un **alto grado de especialización**, sobre todo cuando la obra es realmente de restauración.

Por costumbre se denomina obra de restauración a toda intervención en el patrimonio edificado que implica subsanar patologías o realizar un mantenimiento del monumento. De este modo se considera una obra de restauración la sustitución de la cubierta de una iglesia, por ejemplo, cuando no se va a mantener ningún elemento estructural inicial, ni el material de cobertura. Para esta intervención necesitaríamos unos oficios con experiencia y la maquinaria habitual en una obra de carpintería de madera.

En el caso de que se mantuviese sustancialmente el entramado estructural, sustituyendo puntualmente los elementos dañados o suplementándolos con prótesis Beta, la acción se podría considerar como de restauración, empleando un personal altamente especializado y una maquinaria no habitual en las obras de edificación de nueva planta.

Cuando estamos actuando sobre la piedra o en refuerzos de cimentación o estructurales el personal empleado requiere una **alta cualificación**, licenciados en restauración por ejemplo, y la maquinaria empleada ha de ser muy especializada para la limpieza de la piedra por el método de disincrustación fotónica mediante proyección de láser o limpieza por microabrasión con microchorro de alta precisión.

Si la empresa contratista tiene la infraestructura necesaria en el entorno geográfico del monumento, el único problema sería la disponibilidad de los recursos en las fechas programadas de la obra.

Los inconvenientes surgen cuando el trabajo se realiza fuera del área habitual de intervención, con la obligación de desplazar el personal y la maquinaria, e incluso con la subcontratación de ciertas unidades de obra, o más radical, con la subcontratación de la práctica totalidad de la obra.

El campo de la restauración no está tan afectado por los efectos de la subcontratación como la edificación de nueva planta, en la que existen grandes empresas de construcción que subcontratan la obra, contando solamente con personal administrativo, el jefe de obra, el encargado y un par de peones por obra. Por esto mismo, **el riesgo de la subcontratación en las obras de restauración es mayor, al no ser habitual.**

Si una empresa no cuenta con los medios humanos y materiales para ejecutar una obra en una localización determinada, la programación de la obra estará basada en unas hipótesis totalmente deseadas, que pueden ser ajenas a la realidad, por no existir en el medio físico cercano personal cualificado para las delicadas intervenciones previstas en el proyecto de restauración.

3.5. FACTORES INTRÍNSECOS DE LA INTERVENCIÓN EN LOS MONUMENTOS

Son factores que afectan al desarrollo de la actividad, propios de la edificación, como pueden ser: **valor arquitectónico y artístico** o el **mantenimiento de la actividad durante la ejecución de las obras**: social, cultural o religiosa.

De todos estos factores intrínsecos, desarrollaremos los siguientes:

3.5.1. VALOR ARQUITECTÓNICO Y ARTÍSTICO

Las edificaciones, monumentos, sobre las que vamos a actuar tienen un valor arquitectónico y artístico por su propia definición.

Son reflejo de una época y forman parte del acervo cultural e histórico de nuestra sociedad.

Este **factor monumental implica que las acciones** que vamos a adoptar tengan que ser **muy meditadas**, para **evitar la alarma social**, y también, en la medida de lo posible, que sean **reversibles**, para cumplir uno de los postulados esenciales de la restauración moderna.

Con **estas premisas, el factor plazo de entrega no debe ser un condicionante definitivo** en la programación de una obra de restauración. Los procesos de restauración requieren su tiempo y no podemos realizar los trabajos a marchas forzadas para cumplir los compromisos acordados sin reflexión, sin un programa de obra realista. Debe **primar la calidad** de la intervención.

En las **obras de nueva planta es relativamente fácil acortar las duraciones de las actividades** aumentando los recursos destinados a estas actividades, aunque el acortamiento no siempre es directamente proporcional al incremento de los recursos. Este procedimiento lo podemos emplear tanto en la fase de redacción del plan de obra como durante el desarrollo de la ejecución, para enmendar los retrasos producidos en las actividades realizadas o en curso, que afectan a la duración total del proyecto.

Sin embargo, **en obras de restauración del patrimonio monumental, estos acortamientos de las duraciones** de las actividades mediante el incremento de los recursos destinados a éstas, **a menudo serán imposibles de realizar**. Se puede dar la situación de que queramos emplear mas personal en una actividad que no lo admita por problemas de espacio físico, o que no tengamos la posibilidad de contratar mas personal por la especialización del mismo, o de que el proceso restauratorio requiera de unos plazos mínimos que no pueden obviarse.

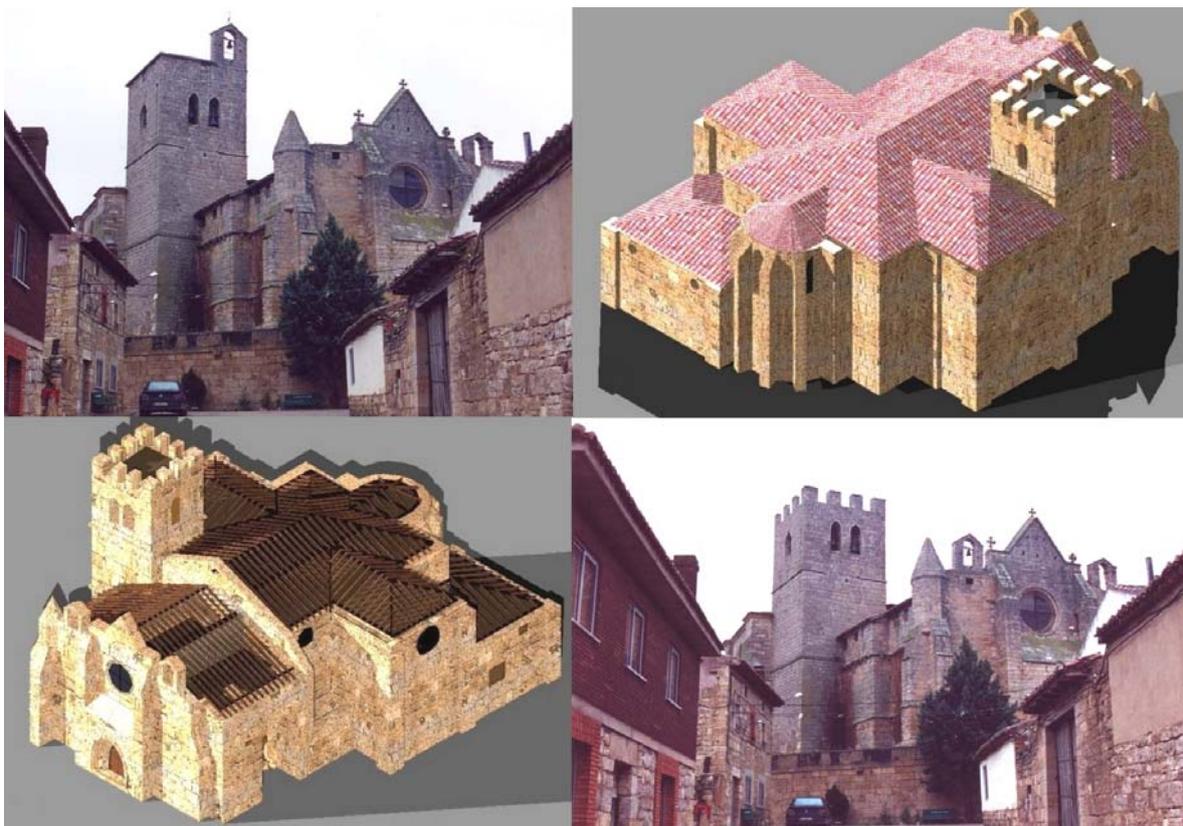
Tampoco es lícito emplear técnicas restauradoras que requieren menor duración, en vez de las establecidas en proyecto y en los estudios complementarios, para disminuir la duración de las actividades y **cumplir los “leoninos” plazos de entrega**. La limpieza de la piedra por la técnica de láser es más costosa en tiempo y dinero que la limpieza por proyección de micropartículas, pero esta última acción es mucho más agresiva, y el soporte puede no ser el idóneo para emplear esta técnica.

El objeto de esta tesis no es lograr la reducción de plazos de ejecución de manera drástica, sino intentar que la programación de las obras de restauración sea

realizada con criterios realistas y razonados, y que durante el desarrollo de la obra sea considerada como un instrumento válido de control del desarrollo de la obra.

El mismo esfuerzo de reflexión, de análisis y síntesis, realizado durante la redacción del proyecto, debe ser empleado durante la ejecución en obra de este proyecto.

Un plan de obra redactado sin criterio y sin intención de ser cumplido no puede ser enmendado en obra. La tan consabida frase “esto ya lo decidiremos en obra” no debe ser utilizada en la programación seria de una obra de restauración de un monumento. La experiencia demuestra que **los pequeños errores o indefiniciones** de los proyectos en la fase de redacción, una vez **en la obra, derivan en serios focos de problemas.**



San Esteban de los Balbases. Burgos. (B.I.C.) (2003)

Durante la elaboración del proyecto se planteó la posibilidad de recuperar la fisonomía de la torre, muy desfigurada por una losa de hormigón y una especie de espadaña.

Para comprobar la idoneidad de la intervención, se realizaron infografías del conjunto y un fotomontaje del estado final de obra deseado.

La torre recupera su carácter y la espadaña vuelve a su posición original.

Arquitectos: Javier y José Carlos Garabito López

Aparejador: Lucio Mata Ubierna

3.5.2. ALARMA SOCIAL

No existe **proporción** directa entre el **valor arquitectónico** de la edificación y la **posible alarma social** que implicaría cualquier actuación sobre ella. Esta relación sería más correcta establecerla entre el valor afectivo de la comunidad hacia la edificación y la posible alarma social.

En Castilla y León tenemos numerosos monumentos de primer orden, no valorados por la sociedad como demuestra el deterioro de los mismos e incluso su desaparición paulatina, y en cambio, por motivos de culto religioso o tradiciones populares otros monumentos de inferior orden son respetados e incluso entronizados.

Como técnicos responsables de la conservación y del mantenimiento de nuestro patrimonio edificado “tenemos que hacer lo que tenemos que hacer” para transmitir este legado en las mejores condiciones a las generaciones futuras. Si hay que actuar en una edificación, para evitar la polémica, no podemos cruzar los brazos. Son frecuentes las intervenciones en nuestro patrimonio monumental que se ven **mediatizadas** por la **alarma social**, en muchos casos alentada y espoleada por “**salvadores del patrimonio**” que suelen ser tan beligerantes como indocumentados y que, manipulando la sensibilidad de los ciudadanos, pueden llegar a causar **daños** a veces **irreparables** en nuestro patrimonio. Si la alarma social arraiga entre los ciudadanos la intervención se ralentiza e incluso puede llegar a paralizarse.

Como bien decía John Ruskin: “*Lo que creamos o lo que pensemos al final no tiene mayor importancia, lo único que importa es lo que hacemos*”.

3.5.3. MANTENIMIENTO DE LA ACTIVIDAD DURANTE LA RESTAURACIÓN

Con frecuencia nos encontramos que **a la hora de intervenir** en un monumento no sólo nos tenemos que preocupar de preservarle de las inclemencias y agresiones de la propia intervención, sino que además **el monumento sigue siendo utilizado**, total o parcialmente, durante el tiempo que duran las obras.

Esta circunstancia complica sobremanera la planificación y programación de las actividades que debemos realizar y desde luego **nos obliga a una especial preparación y organización de los trabajos** para intentar conciliar los intereses y necesidades de las partes implicadas en el proceso de restauración del monumento.

Hay otros factores, a mi juicio menos importantes, que **condicionan la planificación y programación** de las intervenciones en nuestro patrimonio, pero considero que es suficiente, con los vistos hasta este punto, para **tomar conciencia de la absoluta necesidad de programar las obras**, y hacerlo con **criterios de racionalidad, previsión** hasta donde sea posible y **aceptando** todos los **agentes implicados** en la **conservación** de tan **ingente como valiosísimo patrimonio** la grave **responsabilidad** que todos tenemos para realizar **intervenciones de auténtica calidad**.



Restauración del Santuario de Nuestra Señora del Rosario, Medina de Pomar. Burgos.
Arquitectos: Javier Garabito López José Carlos Garabito López
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES ESENCIALES QUE DEBERÁ REUNIR EL INSTRUMENTO DE PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS DESEADO.

“La falta de sencillez lo estropea todo”.

Miguel de Unamuno

4.1. INTRODUCCIÓN

La forma más fácil que tenemos para **asimilar la información** de cualquier estudio es la siguiente:

- **Texto:** Una vez elaborada la información, procedemos a agrupar secuencialmente los datos más importantes. Resumimos la información en forma de texto de modo que podemos ver ordenados los distintos elementos de la información.
- **Cuadro:** Si reseñamos las anotaciones anteriores en forma de cuadro **facilitamos su comprensión**, pudiendo realizar lecturas tanto horizontales como verticales de estos datos, con la posibilidad de hacer comparaciones y cotejos entre éstos de un modo más sencillo. Los datos importantes son más fácilmente comprensibles y memorizables si es necesario. El cuadro, para lograr estos objetivos, debe ser lo más sencillo y simple posible, evitando la complejidad.
- **Gráfico:** Es un paso adelante respecto al cuadro. Se recomienda solamente **cuando podamos sintetizar o resumir la información del cuadro**. El gráfico utiliza procesos muy diferentes según la técnica de su formación, reduciendo la lectura únicamente al título y a las leyendas, que deben ser lo más escuetas posible. Se confía la aprehensión de la información a la visión humana, a base de magnitudes geométricas: longitudes, pendientes, áreas,...

El instrumento empleado en la planificación, programación y control de obras para que cumpla correctamente su función debe reflejar en la planificación y programación:

1. Lo que se quiere hacer en obra
2. Controlar durante la ejecución de la obra lo que se ha planificado y programado previamente
3. Reflejar la ejecución de la obra y
4. Archivar posteriormente el desarrollo de la obra.

La **función esencial** del instrumento de planificación, programación y control de obras es **facilitar el cumplimiento del compromiso asumido por el contratista con el promotor**, de los plazos fijados para ejecución material de la obra con los costes aprobados por ambas partes y con la calidad contratada (en el proyecto: memoria, documentación gráfica, mediciones y sobre todo en el pliego de prescripciones técnicas particulares).

4.2. CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LOS INSTRUMENTOS DE PROGRAMACIÓN

Entre otras características y condiciones el instrumento debe tener:

1. Claridad de comprensión
2. Simplicidad de manejo
3. Facilitar la información adecuada
4. Facilidad para asimilar la información
5. Capacidad de análisis y síntesis
6. Facilidad para reflejar las ligaduras entre las actividades
7. Flexibilidad para introducir modificaciones en la programación
8. Reprogramación en el control de obra. Los imprevistos en la ejecución de la obra.
9. Incorporar las funciones ajenas
10. Representación gráfica de los instrumentos
11. Informatización de los distintos métodos

4.2.1. CLARIDAD DE COMPRENSIÓN

El instrumento escogido debe reflejar la información necesaria de planificación, programación y control de obra con la **mayor claridad posible**.

En el proceso de elaboración del instrumento y, sobre todo, durante la ejecución de la obra van a intervenir distintos **agentes implicados** en la edificación **no especializados en programación** de obra, por ejemplo, miembros de organismos oficiales o administraciones públicas, que deben ser informados y consultados sobre el desarrollo de la obra; por lo cual será del mayor interés que el instrumento elegido se pueda presentar de manera fácilmente entendible.

El método más indicado en este caso, por su facilidad de comprensión y expresividad es el GANTT o diagrama de barras, con sus carencias y deficiencias que se analizarán más adelante.

El instrumento debe **centrar la atención en la información** que se pretende transmitir, no debe acumular más información de la necesaria para comprender el correcto desarrollo de la obra.

Las leyendas deben ser mínimas, de tal modo que no sea necesario estar consultando constantemente la simbología o un anexo de abreviaturas para comprender la programación.

4.2.2. SIMPLICIDAD DE MANEJO

Por las razones expuestas en el punto anterior, el instrumento debe **tener simplicidad de manejo**, es decir que la información contenida en el mismo pueda ser consultada y analizada con gran rapidez.

Los técnicos son muy reacios a los textos y a las tablas interminables de datos, por lo que debe **ser eminentemente gráfico**. El dicho “una imagen vale más que cien palabras” ha de ser llevado a su extremo.

4.2.3. FACILITAR LA INFORMACIÓN ADECUADA

La información más conveniente, con facilidad de representación gráfica, que debe aportar el instrumento comprende, como mínimo:

- **Duración** de cada una de las actividades.
- **Calendario de fechas** (más temprana y más tardía) en las que debe realizarse cada una de las actividades en que se divide la ejecución de la obra.
- **Plazo de ejecución** de la obra.
- **Holguras o márgenes** de que se dispone para ejecutar cada una de las actividades.
- **Ligaduras y restricciones** entre las actividades.
- Determinación de las **actividades críticas**.
- Precisar la o las **rutas críticas**, que conforman las actividades cuya holgura total sea igual a cero.
- Así mismo, determinar las **rutas subcríticas** o críticas de segundo, tercer orden, etc... , ya que en el desarrollo de la obra o en una actualización del plan de obra pueden transformarse en críticas.
- Fijar los **recursos productivos** asignados a cada actividad, una vez que hayan sido convenientemente nivelados.
- **Valor** de la obra ejecutada por unidad de tiempo requerida y su valoración al origen.

4.2.4. FACILIDAD PARA ASIMILAR LA INFORMACIÓN

El instrumento de planificación, programación y control de obra además de contener la información necesaria para el correcto desarrollo de la obra debe ser **capaz de explicar todos estos datos y conclusiones con facilidad**.

Para ello contamos con el gráfico, que es uno de los mejores útiles de trabajo para facilitar este tipo de información. Entre otras funciones, tiene como finalidad el agrupar en un pequeño área gran cantidad de informaciones, más o menos complejas, enumerarlas literalmente o numéricamente y expresar las diferentes relaciones establecidas entre ellas y el conjunto total.

4.2.5. CAPACIDAD DE ANÁLISIS Y SÍNTESIS

El instrumento de programación debe ser eminentemente **gráfico**, ya que éste **está basado en un esfuerzo de síntesis de la información**, de tal manera que con una mirada seamos capaces de abarcar un amplio campo de información; el ojo humano es capaz de comparar con gran facilidad longitudes, áreas, curvas, pendientes, superponer figuras, etc,...

De este modo, **el gráfico** nos permite expresar simultáneamente y con la mayor rapidez el análisis y la síntesis, siendo de este modo un valiosísimo instrumento de comunicación. Para realizar la programación de una obra, el gráfico me parece **imprescindible**.

4.2.6. FACILIDAD PARA REFLEJAR LAS LIGADURAS ENTRE LAS ACTIVIDADES

Los instrumentos de programación modernamente utilizados **recogen las diversas relaciones** entre las actividades, pero **no todos lo hacen de igual modo ni con la misma facilidad**.

Desde el Gantt en el que apenas se intuyen la ligaduras entre las actividades, hasta el SISTEMA DE PRECEDENCIAS y el Roy, en el que se pueden reflejar prácticamente todas las que se hayan previsto en la planificación, tenemos otros métodos de programación como el CPM y el PERT que nos obligan a usar ciertos artificios para conseguirlo.

4.2.7. FLEXIBILIDAD PARA INTRODUCIR MODIFICACIONES EN LA PROGRAMACIÓN

Necesitamos que el instrumento tenga flexibilidad para introducir cambios en la programación, en función de las diversas y especiales circunstancias que se puedan producir en este tipo de obras, tanto en su fase de programación, como durante la ejecución de las mismas.

Al analizar las particularidades de las actividades de las obras de restauración hemos visto la especial importancia que tendremos que dar a esta característica para adaptar lo planificado a los **múltiples imprevistos** que sin duda surgirán durante la ejecución de las obras de restauración.

4.2.8. REPROGRAMACIÓN EN EL CONTROL DE OBRA. LOS IMPREVISTOS EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

La ejecución de las obras de restauración o rehabilitación está sometida a una serie de circunstancias, no controladas en la fase de redacción del plan, que inciden muy seriamente en el correcto desarrollo de la obra, variando los plazos de finalización y de inicio de las actividades. Son los **imprevistos** y las **funciones ajenas** que de manera habitual aparecen en este tipo de intervenciones.

Entre otras circunstancias, nada infrecuentes, podemos mencionar brevemente:

- Replanteamiento de los criterios de intervención a la vista del estado real “in situ” de la edificación, imposibles casi siempre de conocer a la hora de redactar el proyecto de intervención.
- Climatológicas, sobre todo cuando el trabajo es en el exterior (fachadas, cubiertas,...)
- Uso simultáneo del monumento durante la restauración.
- Necesidad de estudios complementarios por aparición de nuevas premisas durante el desarrollo de la ejecución. Funciones ajenas.

Estas circunstancias anteriormente mencionadas, nos obligarán a tener que **reprogramar las fechas** de ejecución de los trabajos proyectados y que en el momento de producirse la eventualidad no han sido todavía ejecutados, circunstancias éstas que sin

duda producirán **posibles retrasos en la fecha de terminación**, que normalmente no pueden ser imputados ni a imprevisiones del proyecto, ni al ritmo con que se están ejecutando las distintas actividades, por parte de la empresa adjudicataria de los mismos.

Es cierto que los instrumentos de programación si son adecuados nos permitirán realizar un **estudio de viabilidad de acortamientos** de los plazos de ejecución a través de las actividades que formando parte de las rutas críticas, estén en ese momento sin ejecutar, si el cumplimiento del plazo final fuera un objetivo prioritario.

Esta **facilidad para reprogramar** los trabajos aún no realizados **será tomada en cuenta para la búsqueda del método más adecuado**, pero en todo caso, dadas las especiales y delicadas características de estas intervenciones, **deberá primar la calidad sobre la rapidez**. Las prisas por terminar la obra, en demasiadas ocasiones, producen un efecto casi devastador sobre el patrimonio monumental.

**San Esteban de los Balbases. Burgos. (B.I.C.) (2003)**

Proceso de restauración de la cubierta. Diálogo a pie de obra sobre las diferentes posibilidades de intervención entre la dirección de obra y los técnicos de la contrata.

Arquitectos: Javier y José Carlos Garabito López

Aparejador: Lucio Mata Ubierna

4.2.9. INCORPORAR LAS FUNCIONES AJENAS

Al realizar el análisis en el **capítulo 3** que versa sobre las particularidades de las actividades en las **intervenciones de los monumentos**, se ha visto la relevancia que adquieren las **funciones ajenas**.

Estas **funciones ajenas** las podemos considerar de **dos tipos** según el **momento temporal** en que se conozca **su necesidad**:

- Las **previstas** desde la **redacción del proyecto**, pero que **no podemos realizar** por resultar inaccesible la toma de muestras y observación “in situ” hasta no tener montados los andamios o haber retirado los elementos del monumento que nos impiden acceder a las partes en las que ha de realizarse (estudios de presencia de sales, pátinas, ...)
- Las **desconocidas** en el momento de redactar el proyecto y que son **consecuencia de los imprevistos** que igualmente hemos analizado. Para poder adoptar la decisión adecuada que resuelva este imprevisto se requieren, con frecuencia, análisis e informes de especialistas. Es decir, otra vez una **función ajena**. Este es el caso de aparición durante el proceso de restauración de policromías en paramentos, ocultas en intervenciones anteriores; o de que el tratamiento de limpieza de la piedra, previsto en proyecto, no esté siendo lo efectivo que se quería o por el contrario, que esté pasmando la estatuaria.

En el primer caso, **las funciones ajenas previstas**, las podemos **incorporar en la programación** de la obra, mientras que las segundas, los imprevistos, será necesario incorporarlas en la **reprogramación** que se hará para adecuar la nueva programación a la realidad sobrevenida como consecuencia de los imprevistos.



San Millán de los Balbases. Burgos. (B.I.C.) (2003)

Durante la limpieza de los paramentos verticales y las bóvedas del presbiterio, surgió la patología siguiente: con la deformación del nervio de la bóveda se produjo el desplazamiento de la plementería, quedando ésta sin apoyo. De este modo, el nervio trabajaba a tracción.

Se desmontó parcialmente el nervio y la bóveda, previo cimbrado.

Arquitectos: Javier y José Carlos Garabito López

Aparejador: Lucio Mata Ubierna

En ambos supuestos, **a la hora de incluirlas en la programación, a las funciones ajenas las trataremos como actividades atípicas de duración uno**, pues desconocemos que tiempo será necesario para realizarlas; pero lo que **si conocemos** y además es lo que realmente nos importa, es **el momento en el deben estar resueltas para evitar retrasos** en el final de la intervención. En definitiva, con este artificio hallaremos el tiempo total disponible desde el conocimiento de la necesidad de utilizar una función ajena hasta el momento en que influirá en el plazo final de la obra, retrasándolo.

En la **programación**, tanto escrita como gráfica, se usará una **simbología propia** que haga que la función ajena sea fácilmente reconocible.

4.2.10. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS INSTRUMENTOS

Prácticamente todos los instrumentos de programación de obras que analizaré son susceptibles de concretarse en su gráfico correspondiente, incluso el Roy, que no precisa para su elaboración del apoyo gráfico.

Estos **gráficos se realizan con distintos grados de dificultad y la información aportada resulta más fácilmente entendible en unos que en otros**. Siendo de especial interés que cualquiera de estos instrumentos se presente en su versión gráfica, será **una condición importante** a tener muy en cuenta la facilidad de interpretar la información contenida en cada uno de ellos.

4.2.11. INFORMATIZACIÓN DE LOS DISTINTOS MÉTODOS

El **nivel** con el que sea **necesario** o al menos conveniente realizar la **planificación y su programación** correspondiente, **condiciona** de manera importante **la complejidad y extensión de las redes** que resulten.

Normalmente y sobre todo **si la red es muy extensa**, (caso habitual) habrá que apoyarse en los **programas informáticos** para realizar tanto los cálculos como la representación gráfica de los instrumentos de programación elegidos.

La facilidad que cada uno de los métodos presente para **su desarrollo por medios informáticos** es una **característica importante a valorar** para adoptar la elección del método más adecuado.

Será sin duda el Roy, que como veremos al analizar el método, no necesita de acompañamiento gráfico para su elaboración, el que resulte más favorable a efectos de su desarrollo por los programas informáticos.



Rehabilitación del Ayuntamiento de Villarcayo. Burgos.
Arquitecto: José Carlos Garabito López
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

CAPÍTULO 5

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD

“No hay ningún viento favorable para el que no sabe a qué punto se dirige.”

Arthur Schopenhauer

5.1. INTRODUCCIÓN

Los instrumentos o métodos de programación les voy a analizar por **orden cronológico** de su aparición y utilización, sin que ello suponga preferencia alguna a la hora de ser elegidos para dar la mejor respuesta a las diversas necesidades planteadas.

Empezaré con el **diagrama de barras o GANTT**, para continuar con los conocidos como **métodos del camino crítico: C.P.M., PERT, C.P.M./PERT-COSTE, ROY y SISTEMA DE PRECEDENCIAS** y terminar con un **cronograma** que llamo **GANTT MEJORADO**.

El **gran avance** producido en el uso de los **métodos del camino crítico** se debe sin duda al auxilio que en los complicados cálculos necesarios nos presta el **ordenador**, y que permite resolver con cierta facilidad y rapidez, las redes complejas.

Todos estos métodos tienen su base en la **investigación operativa** que ya hemos definido y que representó la posibilidad de relacionar mediante cálculos matemáticos una serie de variables para obtener unos resultados que convenientemente aplicados nos permiten **planificar, programar y controlar** unas acciones que hasta entonces se hacían de forma prácticamente **intuitiva**.

Aunque se ha generalizado, conociendo a estos métodos como **PERT**, esto no es justo ni siquiera exacto. El **C.P.M.** y **ROY** tienen su propia identidad, como veremos, aunque tengan una característica común **que es la aplicación de la teoría de los grafos** que es parte de la **teoría de los conjuntos**, a los cálculos que previamente se han realizado.

El empleo de los **métodos del camino crítico** se ha extendido ampliamente en la **industria** y se viene utilizando en la **construcción**, si bien de forma **insuficiente**.

5.1.1. BREVE RESEÑA HISTORICA

Henry L. **Gantt** desarrolló su sistema para organizar el transporte marítimo de armamento durante la primera guerra mundial. El trabajaba en los Estados Unidos en un organismo oficial llamado Army Bureau of Ordnance y quiso reflejar de un modo gráfico toda la información que manejaba por escrito: duración de los trayectos a Europa, Duración de la vuelta a los Estados Unidos, tiempo empleado para cargar y descargar el barco,... de este modo surge el Diagrama de Barras.

El **Método del Camino Crítico** tuvo dos nacimientos.

En 1957 Morgan Walker de la División de Ingeniería de Dupont de Nemours con la ayuda informática de James Kelly de Remington Rand UNIVAC crearon el Método **C.P.M.** (Critical Path Method). La mayor empresa química del mundo, Dupont de Nemours, estudió la planificación de obra para sus proyectos de ingeniería, estableciendo relaciones entre las actividades, por medio de la utilización de ordenadores.

En el año 1958 la Oficina de Proyectos Especiales del Departamento de Armamento de la Marina Americana de los Estados Unidos estaba encargada del despliegue de los proyectiles Polaris. El proyecto se subdivide en varios subproyectos contratados a grandes corporaciones. Los grandes retrasos y la falta de perfección de los procedimientos plantea la necesidad de estudiar un nuevo sistema de planificación y control, así surge un sistema denominado Program Evaluation and Review Technique (**P.E.R.T.**).

Poco después, en 1959, Bernard **Roy** empieza a trabajar en Francia, inspirándose en estos métodos, en el **método de los potenciales**, surgiendo el Método **ROY**.

5.1.2. ANÁLISIS GENERAL DE LOS MÉTODOS DEL CAMINO CRÍTICO

Entre la bibliografía revisada me ha parecido de gran interés y especial claridad, el análisis de los grafos que realiza D. Juan Pomares³¹ y cuyo contenido en sus ideas principales resumo.

Considerando la **complejidad** cada día mayor de **los proyectos**, se impone un **mayor esfuerzo** en la **planificación y programación** de los mismos y como consecuencia en el desarrollo de los instrumentos adecuados entre los que se encuentran **los grafos**.

Se consideran **tres etapas**:

1. **Construir modelo matemático** lo más lógico posible, descomponiendo el proyecto en **etapas** o **sucesos** para realizar las diversas **tareas** o **actividades** y estableciendo las **ligaduras** y **precedencias** que las relacionan.
2. **Estudiar la duración** de las distintas **actividades** y con ello la duración prevista del proyecto, calculando el **calendario de los sucesos** y las **holguras** de las actividades.
3. **Realizar la asignación de los recursos** de cada una de las actividades y proceder a su nivelación de acuerdo con los límites establecidos.

Las ventajas que se derivan de la utilización de estos sistemas son múltiples pudiendo resaltar las siguientes:

- a) **Obliga al perfecto conocimiento** previo de la organización de la obra para poder hacer una **planificación correcta**.
- b) Nos **indica** el **calendario de los sucesos** y las **holguras** de las **actividades** y por supuesto las **actividades críticas**.
- c) **Facilita la comunicación** entre los distintos departamentos implicados en la planificación, programación y control de las obras.
- d) **Obtiene** una **programación detallada** y ello facilita el **control de las obras realizadas**.
- e) **Permite** una **fácil reprogramación** en caso que esta sea necesaria, situación muy frecuente y sobre todo en las **intervenciones de restauración** como hemos **analizado en el capítulo 3**.

³¹ POMARES MARTÍNEZ, JUAN. (1977). “Planificación gráfica de obras. Gantt – C.P.M. – P.E.R.T. – Roy ...”. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona. Página 29.

5.2. DIAGRAMA DE GANTT

5.2.1. INTRODUCCION

El primer método de programación que vamos a analizar es el diagrama Gantt, que con su aparición marcó un hito en la programación. Este método ha sido ampliamente superado hoy en día por otros sistemas como **PERT**, **C.P.M.** o **ROY**, entre otros, pero sigue siendo muy utilizado por su facilidad de manejo y comprensión. De hecho, en la **industria de la construcción** es el **más empleado**, especialmente en el campo de la restauración en el que prácticamente es el único sistema utilizado, con **todas sus carencias y defectos**.

Como hemos mencionado anteriormente los diagramas de barras o “gráficos de Gantt” fueron concebidos por el ingeniero norteamericano **Henry L. Gantt**, que intentó resolver la programación de las actividades mediante su **distribución en un calendario**, de manera tal que se pudiese **visualizar el periodo de duración estimado** de cada actividad, sus fechas de inicio y finalización e igualmente el tiempo total requerido para la ejecución de un proyecto. Este **gráfico no refleja las relaciones entre las actividades, ligaduras o restricciones**.

Este instrumento permite que, durante la ejecución de la obra, se siga el curso de cada actividad, así como el grado de **adelanto** o **retraso** con respecto al plazo previsto.

5.2.2. ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE GANTT

Toda dirección está casi completamente dedicada a prevenir los hechos futuros de la empresa. Su misión es decidir una política y actuar de acuerdo con ella, que debe conducir a un estado de cosas deseado. En otros términos, necesita expresarse claramente la **relación entre los hechos** y el **tiempo**, algo que con el **gráfico GANTT** se **logra sin dificultad**.

El gráfico GANTT compara lo que se debía haber realizado, con lo que realmente se ha hecho, teniendo al responsable al corriente de progreso realizado en la ejecución de su plan.

Para poder emplear el gráfico GANTT, es indispensable tener un plan o proyecto sobre el que trabajar. **El plan** se representa tan **claramente en estos gráficos**, que **puede ser comprendido** tanto en sus detalles como en su conjunto, no solamente por el autor del GANTT, sino también por sus superiores y por sus subordinados.

El gráfico **GANTT** es, además, **muy sintético**, ya que permite **condensar en una sola hoja la información** que necesitaría tantas hojas como unidades de obra necesarias para realizar el proyecto registradas mediante curvas en otros gráficos. El gráfico GANTT presenta normalmente **una continuidad** tal que cualquier interrupción en el registro o cualquier laguna de información, relativa a lo que ha pasado, salta a la vista.

El gráfico GANTT **es fácil de trazar**. No necesita ninguna práctica de dibujo, puesto que consta solamente de líneas rectas.

Los gráficos GANTT **son fáciles de leer** ya que no hay líneas que se crucen, y todas las anotaciones avanzan con el tiempo, de izquierda a derecha y de arriba a abajo de la hoja. Hacen visible el transcurso del tiempo.

Pero este método, que representa la anatomía de un proyecto, **no puede adaptarse a todo el complejo mecanismo** que entraña una **completa planificación**. Su **propia limitación imposibilita** prácticamente la representación de grandes o detallados programas compuestos de unidades complejas y dinámicas y las **múltiples secuencias interdependientes** que se producen entre los diversos sucesos y actividades y **sus relaciones precedentes**.

Con el gráfico GANTT se **establecen los principales objetivos del proyecto**, pero **resulta difícil comprobar su desarrollo**, sobre todo cuando el tiempo programado para una actividad resulta distinto del tiempo empleado. El diagrama en este caso **no se adapta a la realidad del proyecto al faltar la interconexión entre las actividades**. Como consecuencia, tampoco puede establecerse a priori un cálculo del costo que pueda ocasionar la alteración del programa, tanteando las diversas soluciones.

La **falta de adaptación** de este método a una **planificación flexible** crea dificultades de fondo para seguir el control del programa.

En los diagramas GANTT todas las **actividades** se desarrollan en un **hipotético camino crítico sin holguras**, siguiendo una misma línea secuencial a distintos niveles horizontales.

Este gráfico **consiste en un sistema de coordenadas** en que se indica:

En el eje Horizontal: un calendario, o escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, mes, etc.

En el eje Vertical: Las actividades que constituyen el trabajo a ejecutar. A cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración en la cual la medición efectúa con relación a la escala definida en el eje horizontal conforme se ilustra.

Cada actividad se representa mediante un **bloque rectangular** cuya longitud indica su duración; **la altura carece de significado**.

La **posición de cada bloque** en el diagrama indica los instantes de inicio y finalización de las tareas a que corresponden, aunque **para nada refleja** la verdadera **relación entre las actividades**.

El diagrama de GANTT es un diagrama representativo, que permite visualizar fácilmente la distribución temporal del proyecto, pero es poco adecuado para la realización de cálculos.

En resumen, para la planificación de **actividades relativamente simples**, el gráfico de **GANTT** representa un **instrumento de bajo costo y extrema simplicidad** en su utilización. Para **proyectos complejos**, sus **limitaciones son muy serias**, y fueron éstas las que llevaron a ensayos que dieron como resultado el desarrollo del C.P.M., el PERT y otras técnicas conexas. Estas técnicas introdujeron nuevos conceptos que, asociados más tarde a los de los gráficos de GANTT, dieron origen a las denominadas “**cronogramas**”.

5.2.3. EJEMPLO

Necesitamos programar las ACTIVIDADES cuyos datos son los siguientes:

Actividad	Observaciones	Medición	Rendimiento/equipo	Nº Equipos	% pérdidas
Cerramiento de FACHADA		890 m ²	8 m ²	3	7
TABIQUERÍA interior	Ladrillo Hueco Doble	975 m ²	25 m ²	2	5
ENFOSCADOS	Base de alicatado. Cuartos húmedos.	650 m ²	28 m ²	1	3
GUARNECIDO de yeso	Cuartos secos	1.300 m ²	30 m ²	2	3
ALICATADO	Cuartos húmedos	650 m ²	20 m ²	2	3
FONTANERÍA	Obra empotrada	11 jornadas de trabajo			3
CALEFACCIÓN	Obra empotrada	14 jornadas de trabajo			3
ELECTRICIDAD	Obra empotrada	12 jornadas de trabajo			3

TODAS las ACTIVIDADES se programarán en la FECHA MAS TEMPRANA posible.
Índice de transformación de días laborables a días naturales: **1,45**.

Las ligaduras son las siguientes:

- La TABIQUERÍA interior se simultaneará con FACHADA, debiendo terminar 10 días después de ésta.
- La FONTANERÍA, CALEFACCIÓN y ELECTRICIDAD (obra empotrada), podrán hacerse directamente sobre la TABIQUERÍA interior, pero nunca antes de 15 días de estar realizada ésta.
- Los ENFOSCADOS y GUARNECIDOS se realizaran tan pronto sea posible, pero SIEMPRE al menos 10 días después de las instalaciones empotradas que afecten a cada una de ellas.
- Los ALICATADOS deberán programarse lo más pronto posible, pero SIEMPRE al menos 20 días después de los ENFOSCADOS.

SE PIDE:

1. Preparar las fichas de las ACTIVIDADES
2. Realizar el GANTT correspondiente.

El gráfico correspondiente, así como las fichas de las actividades están el la **Fig.5.2.1**.

NOTA: Al grafico de la **Fig.5.2.1**.

Los **números** que figuran al **comienzo y final de cada barra**, son el **primer día que se trabaja** en esa actividad y el **primer día que no se trabaja** respectivamente. Esta anotación la realizo para no tener que dividir cada mes en **30 cuadros** que nos daría una **extensión** del diagrama GANTT **poco manejable**.

“LA RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO MONUMENTAL: ESTUDIO SISTEMATIZADO DE LOS MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN EN LAS INTERVENCIONES DE RESTAURACIÓN.”

Javier Garabito López

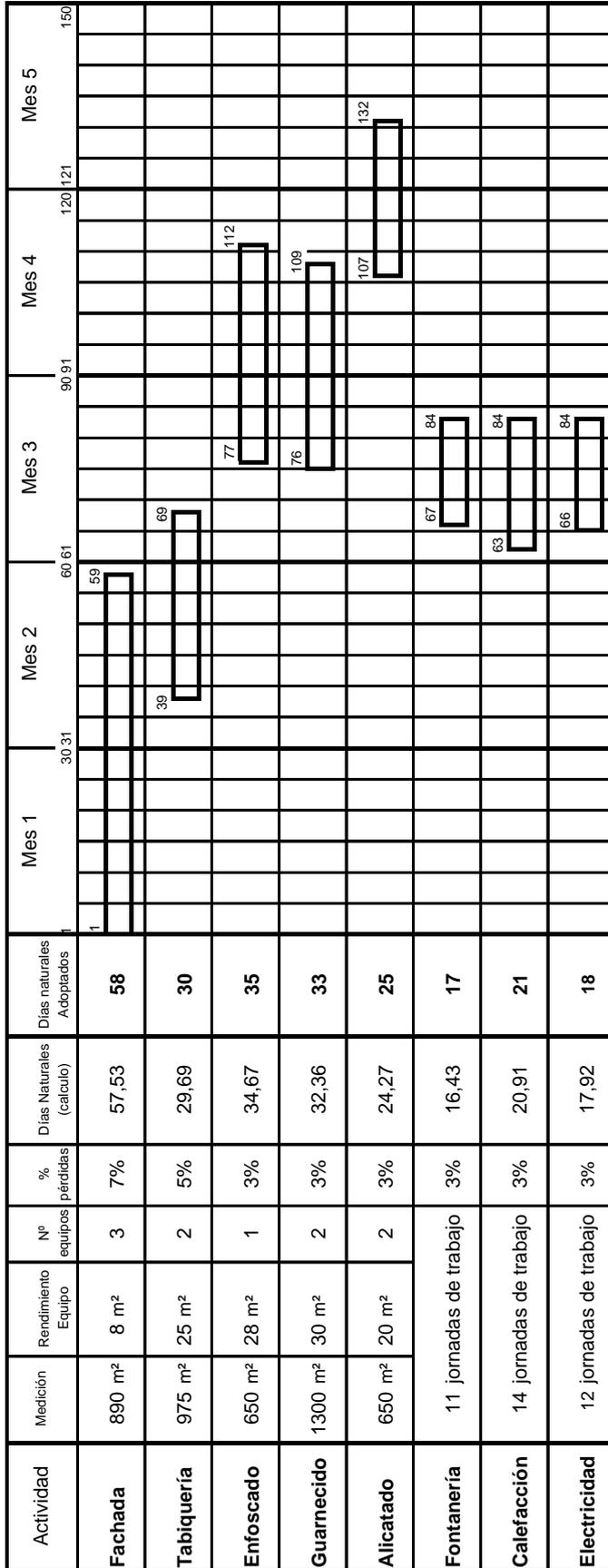


Fig.5.2.1.

5.3. EL MÉTODO C.P.M.

5.3.1. INTRODUCCIÓN

Comenzaré realizando el análisis del método C.P.M., pues además de ser, **dentro de los del camino crítico**, el más antiguo, es en mi opinión la base de todos los demás. La mayor difusión del método PERT, ha hecho que prácticamente estos métodos hayan llegado a confundirse y ambos se conozcan como métodos PERT, situación que me parece a todas luces injusta.

El **método C.P.M.** le analizaré con mayor extensión, pues muchas de las cuestiones, sobre todo las referidas a holguras y criticidad, prácticamente serán comunes a los métodos del camino crítico y me permitirá ser más conciso en esos puntos cuando veamos los otros métodos.

5.3.2. ANÁLISIS DEL MÉTODO

Las técnicas del C.P.M. se apoyan sobre un instrumento gráfico, del tipo de los grafos orientados en el que se **representa la programación** de la ejecución del proyecto que se estudia; fue desarrollado en principio para la industria y lo aplicamos a la planificación, **programación** y control de las obras de edificación.

Por medio de **flechas** o **arcos** se representan las **actividades** u operaciones en que se descompone el proyecto. Por medio de **círculos**, que son los nudos o vértices del grafo, se representan los **sucesos** o momentos puntuales en el proceso de ejecución del proyecto.



Fig.5.3.1

La secuencia de las operaciones a hacer es algunas veces muy simple dando lugar a lo que se llama **CADENA** tal como la representada en la **Fig.5.3.1**.

Pero normalmente es compleja dando lugar a lo que se llama **RED** como la que a continuación se muestra en la **Fig.5.3.2**.

A → C	C → E, F	E → I	H, G → J
B → D	D → G	F → H	

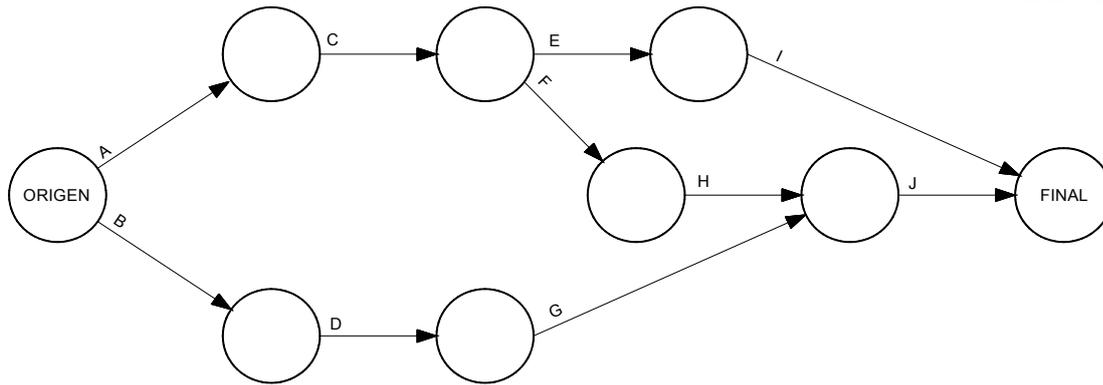


Fig.5.3.2

En estas representaciones gráficas, las flechas que llegan a un nudo representan las actividades que han de terminar previamente para que puedan comenzar las actividades representadas por las flechas que parten del nudo. Hay dos nudos notables en toda red, el **nudo origen** (sólo parten flechas) y el **nudo final** (sólo llegan flechas).

La mayor o menor magnitud de una flecha no representa la mayor o menor duración de la actividad y su sentido es el de flujo del tiempo que la actividad consumirá para su ejecución.

La idea de todo programa de organización es dividir el proyecto en actividades. No se puede comenzar con la actividad **C** (siguiente) sin que haya concluido la actividad **A** (precedente).

El C.P.M. es un **grafo orientado** en el que, los sucesos o nudos de la red son los vértices del grafo y las actividades o flechas de la red son los arcos con su orientación.

5.3.2.1. CONDICIONES PARA QUE UN GRAFO ORIENTADO SE CORRESPONDA CON UN C.P.M.

Para que un **grafo orientado** se corresponda con una red tipo **C.P.M.** ha de cumplirse las siguientes **condiciones**:

- Que tenga un **número finito** de vértices o nudos.
- Que exista **una sola entrada** o nudo origen y una **sola salida** o nudo final.
- Que **no** tenga ni **bucles** ni **circuitos**.

Bucle: Una actividad que sale de un suceso y vuelve al mismo. **Fig.5.3.3.**

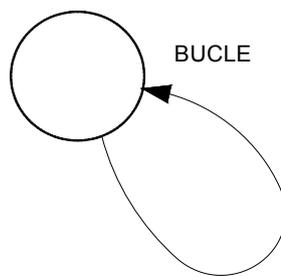
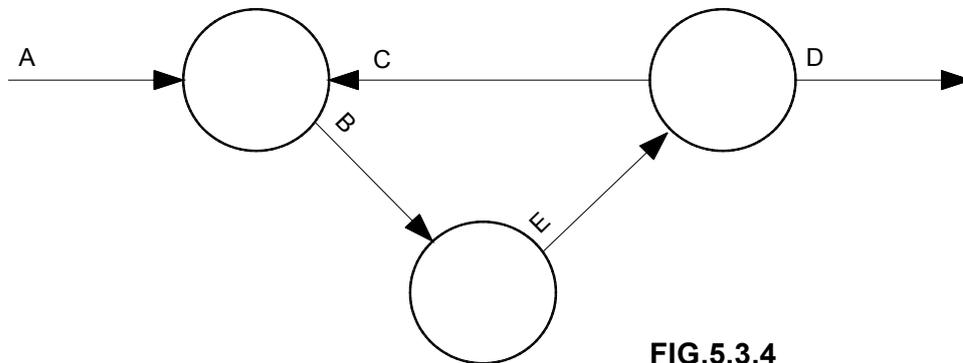


Fig.5.3.3

Circuito: Una serie de actividades que parten de un suceso y acaban en el mismo suceso del que nacen (B – E – C). **Fig.5.3.4.**

**FIG.5.3.4**

d) Que a todo arco del grafo le corresponda siempre, **al menos, una “ruta” o camino** que, pasando por dicho arco, vaya desde el nudo origen hasta el nudo final.

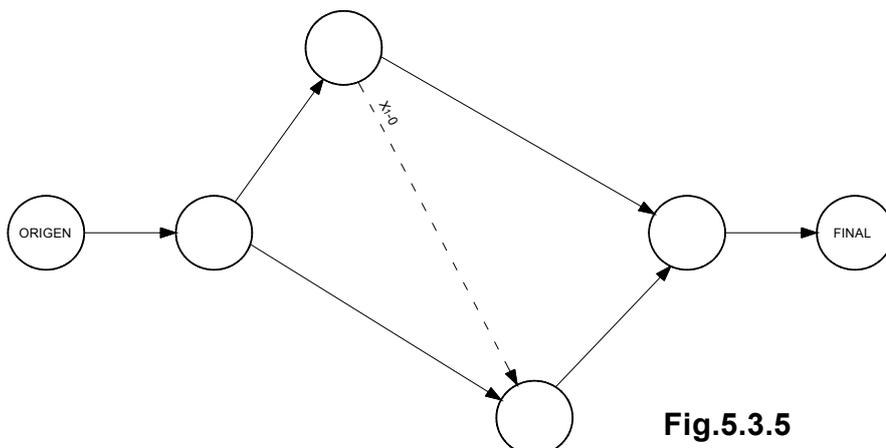
5.3.2.2. TIPOS DE ACTIVIDADES

Actividades de espera: Solo consumen tiempo. Ej.- El fraguado del hormigón, el secado de los yesos.

Actividades de entrega: Están condicionadas por la necesidad de recibir un material o elemento de obra, sin el cual no podemos continuar el proceso de ejecución.

Actividades reales: Actividades **consumidoras de tiempo y recursos**. No siempre tienen que consumir materiales, pueden consumir mano de obra, maquinaria, etc., pero **siempre consumen tiempo**.

Actividades ficticias: Actividades que **no consumen tiempo ni recursos**. Es necesario introducirlas en las redes para conservar ordenes lógicos entre las actividades reales de un proyecto o para conseguir una identificación de cada actividad por enunciación de los sucesos que unen, cosa que no sucede cuando dos actividades tienen el mismo suceso origen y final.

**Fig.5.3.5**

Estas actividades ficticias se representan con flechas discontinuas. **Fig.5.3.5.**

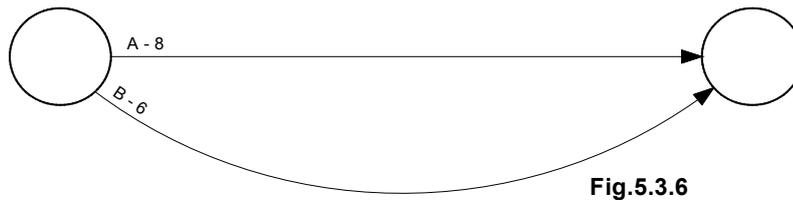
Se suelen llamar X_1, X_2, X_3, \dots y su **duración será siempre cero**, ya que no consume tiempo.

5.3.2.3. FUNCIONES QUE CUMPLEN LAS ACTIVIDADES FICTICIAS

1º) **Finalidad de claridad grafica e identificación de las actividades** por los sucesos del que parte y al que llega.

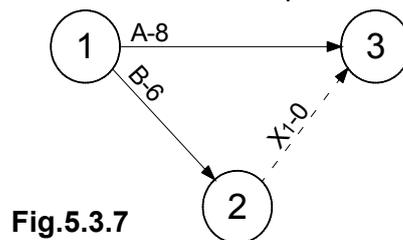
Sean dos actividades A y B (o más), que al representarlas por sus flechas, ocurre que tienen común el nudo de partida y también el nudo de llegada.

En vez de representarla así: **Fig.5.3.6.**



Lo que haremos es introducir un nudo mas como nudo de llegada de una de las dos actividades, y entre este nudo y el de llegada de la otra actividad se crea una actividad ficticia X que tendrá un tiempo de duración cero.

La representación **correcta** es la representada a continuación: **Fig.5.3.7.**



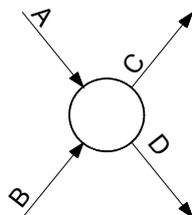
De esta forma se consigue en primer lugar una mayor claridad grafica y además que las actividades queden identificadas por parejas distintas de nudos, $A = (1, 3)$, $B = (1, 2)$ y $X_1 = (2, 3)$, **condición imprescindible** cuando los **cálculos** se hacen por **medios informáticos**.

2º) **Finalidad de mantener el orden lógico**

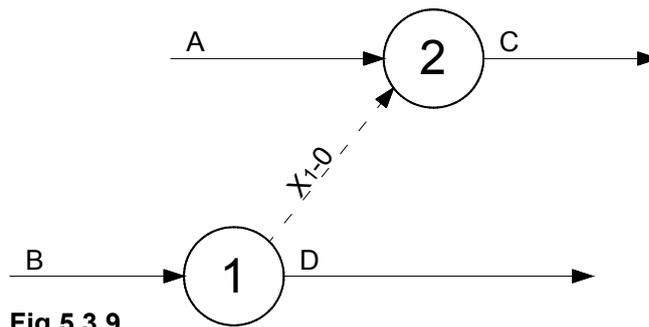
Sean A, B, C y D cuatro actividades y cuyas ligaduras son las siguientes:

$A, B \rightarrow C$ $B \rightarrow D$

La representación de la **Fig.5.3.8. es incorrecta** puesto que además de las precedencias deseadas, se introduce que $A \rightarrow D$.



La **representación correcta** es la establecida en la **Fig.5.3.9.**



La actividad ficticia X_1 , que parte de suceso 1, arrastra las actividades que llegan a este suceso, en este caso B, hasta el suceso al que llega la X_1 es decir el suceso 2; como consecuencia B además de preceder directamente a D, también precede a C a través de la ficticia X_1 , consiguiendo que **A no preceda a D** como nos sucedía en la Fig.5.3.8.

5.3.3. INDICACIONES PARA TRAZAR UNA MALLA O RED

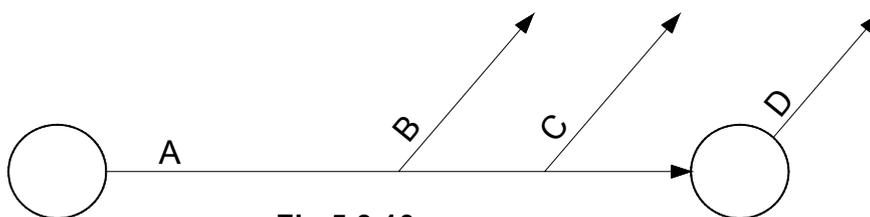
Tanteos previos

- Se recomienda hacerlos mediante croquis, sin preocuparse demasiado de la claridad y estética grafica hasta estar seguro de que recoge fielmente todas las precedencias, sin introducir ninguna no deseada.
- Evitar que las flechas sean curvas.
- Evitar que las flechas se crucen, (si es posible).
- Evitar en lo posible que las longitudes de las flechas sean desproporcionadas.
- Evitar que las flechas tengan entre ellas ángulos muy pequeños.

5.3.4. REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LAS LIGADURAS

Supongamos que la actividad B comienza cuando se haya realizado el 50% de la actividad A. La C cuando esté realizada el 75% de A y la D cuando esté totalmente realizada la actividad A. No lo podemos representar así.

No es correcto: Fig.5.3.10.



- La mayor o menor longitud de la flecha no indica la mayor o menor duración de la actividad.
- No podemos comenzar una actividad desde la flecha que representa otra actividad.
- Debe hacerse siempre desde un suceso.

Lo que vamos a hacer es considerar la **actividad A** compuesta de **tres subactividades A₁, A₂ y A₃**, es decir tenemos que **fraccionar la actividad A**.

Suponiendo que la duración de la actividad A = 12 la duración de cada una de las subactividades será:

$$A_1 \rightarrow 50 \% \text{ de } A = 0,50 \times 12 = 6$$

$$A_2 \rightarrow 75 \% \text{ de } A - A_1 = 0,75 \times 12 - 6 = 9 - 6 = 3$$

$$A_3 \rightarrow 100 \% \text{ de } A - (A_1 + A_2) = 12 - 9 = 3$$

Su representación **correcta** es la mostrada a continuación en la **Fig.5.3.11**.

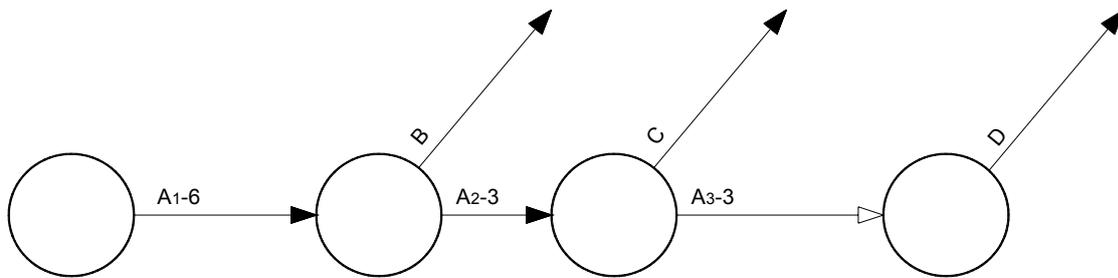


Fig.5.3.11

5.3.5. NUMERACIÓN DE LOS SUCESOS

Elaborada la red según las normas indicadas anteriormente, **cada actividad quedará identificada por los dos sucesos que conecta**: El suceso del que parte y el suceso al que llega.

Las actividades de la **Fig.5.3.12**. serán (1, 2), (1, 3), (1, 5), (2, 8), (3, 4), (3, 5), (4, 7), (5, 6), (6, 7) y (7, 8).

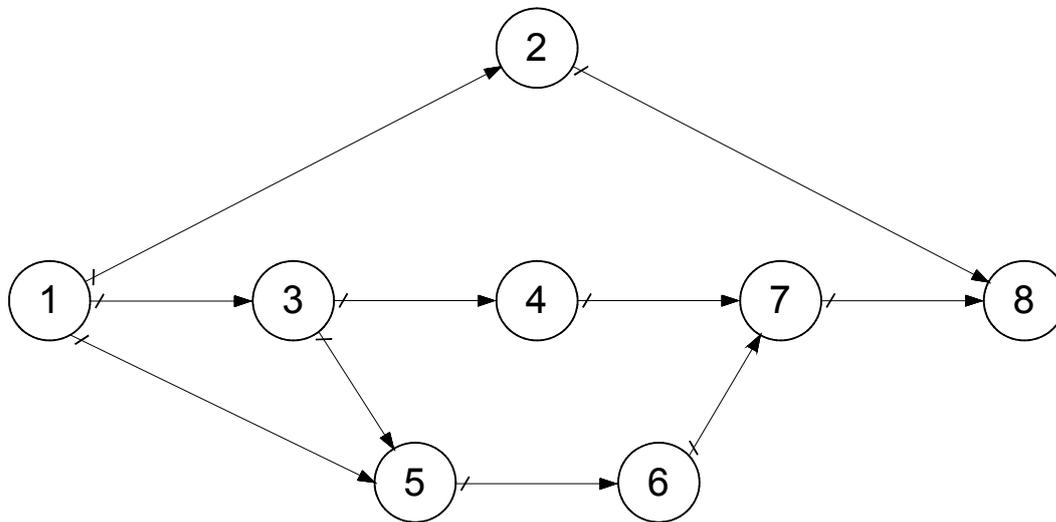


Fig.5.3.12

Los **sucesos** se suelen numerar con números enteros **no es necesario que sean correlativos** pudiendo hacerse por decenas 10, 20, 30, etc, y esto debe hacerse de tal modo que el número del suceso “i” precedente de la actividad sea menor que el número del suceso “j” siguiente de esa actividad. $i < j$

Los sucesos representados por un círculo los dividimos en tres sectores, situando en la parte inferior el número identificativo del suceso y en la parte izquierda los **tiempos más**

tempranos ($t^{(0)}$) en que pueden ocurrir y en la derecha los **tiempos mas tardíos ($t^{(1)}$)**.
Fig.5.3.13.

Esta sería la **forma más común de identificar las actividades**, sobre todo **trabajando con programas informáticos** (número del suceso del que parte - número del suceso al que llega), aunque también se pueden identificar con letras mayúsculas.

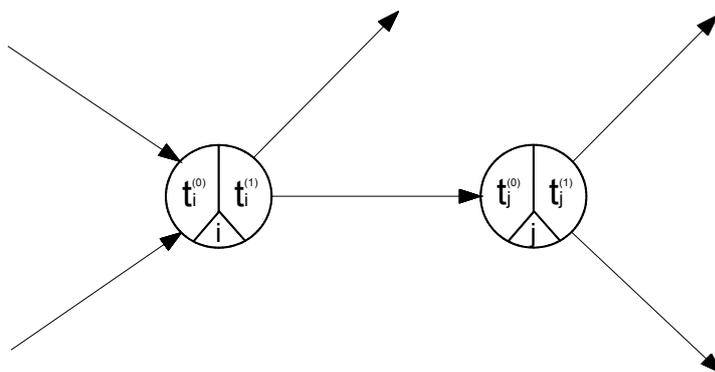


Fig.5.3.13

5.3.5.1. PROCESO PARA NUMERAR ORDENADAMENTE LOS SUCESOS

1. En todos los C.P.M. se cumple siempre la existencia de un **único suceso** del que **sólo parten actividades**, este es el **suceso origen** y se le asignará el **número 1**.
2. **Anulamos todas las actividades** que **salen del suceso numerado** y quedará cuando menos, **un suceso del que sólo parten actividades**, este suceso será por lo tanto el **número 2**. Si tenemos dos o más sucesos en estas condiciones, se les asignará los números siguientes.
3. Vamos suprimiendo las flechas que parten de los sucesos ya numerados, quedará al menos uno con sólo flechas que salen, a tales sucesos les ponemos el o los números siguientes a los ya asignados. La supresión de flechas que se indica en estos apartados puede reducirse a poner simplemente una marca o señal en dichas flechas.
4. Siguiendo estos criterios, llegaremos hasta el último suceso, del que no parten ninguna actividad, que será el **suceso final**.

Los sucesos de una red pueden ser numerados por decenas: 10, 20, 30, etc; incluso pueden ser numerados por centenas. **Esto evita**, que por introducir posteriormente **nuevas actividades sea preciso numerar de nuevo toda la red**.

EJEMPLO

Sean las actividades y ligaduras siguientes:

Ligaduras

A → D	D → G	I → J, M	L → O
B → E, G	E, F → H	J → L, K	
C → F, I	G, H → K	M → N	

Se pide hacer el gráfico y numerar los sucesos.

Los pasos especificados anteriormente dan como resultado el gráfico de la **Fig.5.3.14.**

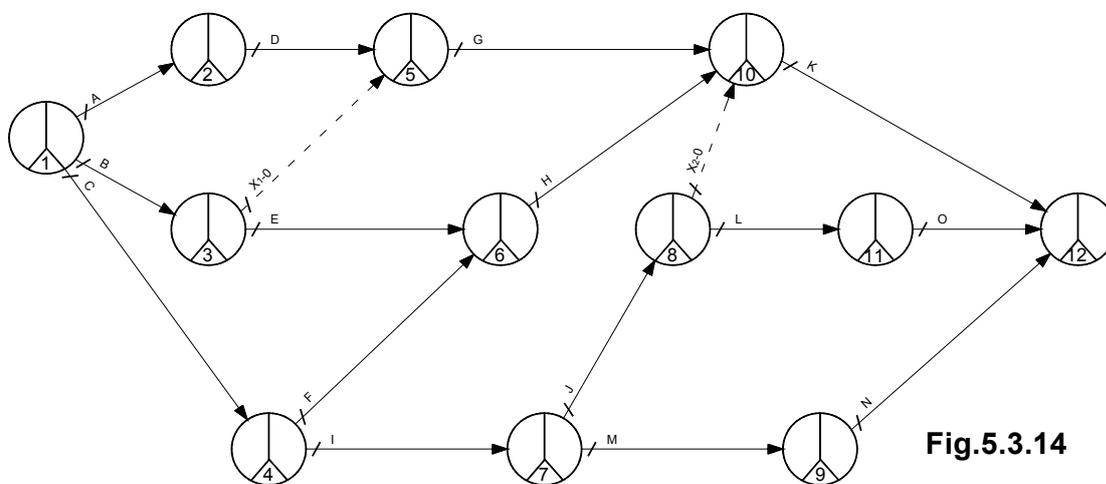


Fig.5.3.14

5.3.6. DURACIONES DE LAS ACTIVIDADES

En el sistema C.P.M. la duración de las actividades son **calculadas, deterministas o ciertas.**

Su cálculo se realiza a partir de las **mediciones de obra** de cada una de las actividades y determinando el **rendimiento atribuido al equipo** encargado de ejecutarlas, así como el **número de equipos asignados** a cada actividad. Todos estos datos son ampliamente conocidos en la gran mayoría de las actividades y por lo tanto la **duración** así obtenida será **cierta.**

Cuando alguna actividad resulte difícil de medir o de precisar los rendimientos se recurrirá a estimación de la duración de la manera más fiable posible y basada fundamentalmente en la experiencia de los técnicos asignados a la obra en otras similares.

Generalmente se cuenta, además con otros datos fijos que ayudan a establecer un cálculo completo de duración normal, ponderando todos los factores que puedan concurrir en el desarrollo del proyecto o ejecución de la obra, sin fiar los cálculos a la sola experiencia o simple intuición.

Las empresas experimentadas disponen de datos estadísticos que dan los **coeficientes de pérdidas** de horas de trabajo por **averías, movimientos improproductivos de la maquinaria** por traslados en obra y otros, que se aplican sobre el rendimiento normal.

Con el resultado de una ecuación donde intervienen todos estos factores determinantes, se ha llegado **directamente al cálculo del tiempo esperado** para la duración de la actividad, sin pasar por otros cálculos de probabilidades.

5.3.7. CALENDARIO DE LOS SUCESOS

Disponer de la red de un proyecto es solo el primer paso en el proceso de programación. Por todo lo visto anteriormente ahora tenemos sobre cada flecha de la red un número que es la **duración de la actividad** y esto nos permitirá conocer los instantes en el tiempo en **que ocurrirán** o tendrán lugar **los sucesos** contenidos en el proyecto.

Representamos por $Y_{i,j}$ el tiempo de duración de la actividad (i, j) , t_i y t_j los instantes en el tiempo en los que ocurrirán los sucesos i y j .

Si los tiempos empiezan a contarse desde la iniciación del proyecto, **se tomará el tiempo 0 en el suceso origen**, es decir, que $t_i = 0$. Para los tiempos de los demás sucesos habrá que tener en cuenta el origen, t_i , de las actividades precedentes. El resultado será un calendario de los sucesos con fechas relativas a la iniciación del proyecto.

5.3.7.1. LO MÁS PRONTO QUE PUEDEN OCURRIR LOS SUCESOS

Representamos por $t_i^{(0)}$ el instante más temprano en el que puede tener lugar el suceso i del proyecto con referencia al origen $t_i^{(0)} = 0$.

El C.P.M. utiliza **tiempos deterministas** y con el criterio de que cada actividad comience a ejecutarse tan pronto se lo permitan sus ligaduras de ordenación lógica, es decir, iniciando las actividades que parten de un nudo tan pronto como sean completadas todas las actividades que llegan al nudo, los tiempos más tempranos y más tardíos en los que pueden ocurrir cada uno de los sucesos de una red C.P.M. se colocaran en el suceso tal como se indica en la **Fig.5.3.15**.

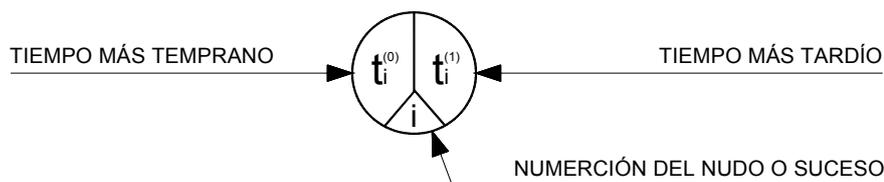
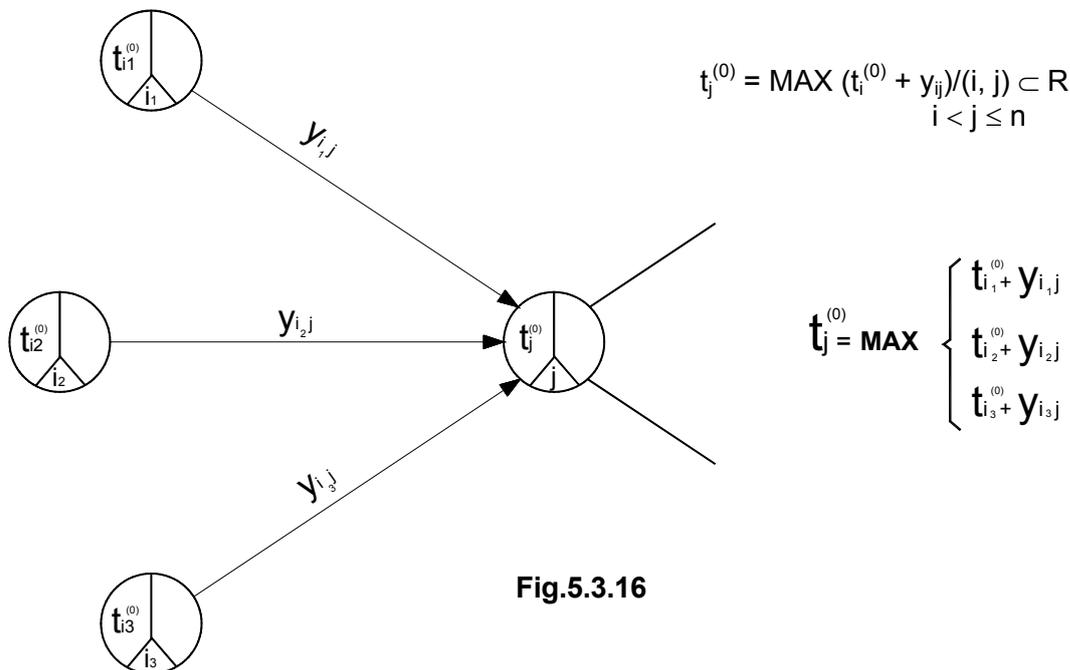


Fig.5.3.15

Los tiempos más tempranos se calcularán por la fórmula recurrente; indicada en la Fig.5.3.16.



El valor $t_n^{(0)}$, correspondiente al suceso final será el del tiempo más temprano en el que puede **terminarse el proyecto**.

5.3.7.2. LO MAS TARDE QUE PUEDEN OCURRIR LOS SUCESOS

Representaremos por $t_i^{(1)}$ el instante más tardío en el que debe ocurrir o debe tener lugar el suceso i, compatible con la terminación del proyecto en el tiempo λ , siendo $\lambda \geq t_n^{(0)}$.

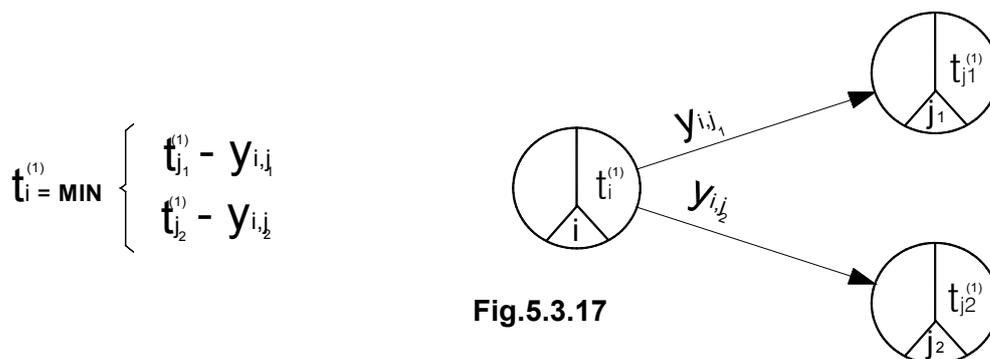
Con el mismo supuesto y criterio empleado para el cálculo de los instantes más tempranos, es decir, para el supuesto de tiempos deterministas y con el criterio de iniciar las actividades que partan de un nudo tan pronto están completas todas las actividades que lleguen a él.

Los valores $t_i^{(1)}$ se calcularán de la formula recurrente:

$$t_i^{(1)} = \text{MIN} (t_j^{(1)} - y_{ij}) \quad j > i \quad (i, j) \subset R$$

Siendo $t_n^{(0)} = t_n^{(1)} = \lambda$

El esquema gráfico equivalente es el siguiente. **Fig.5.3.17.**

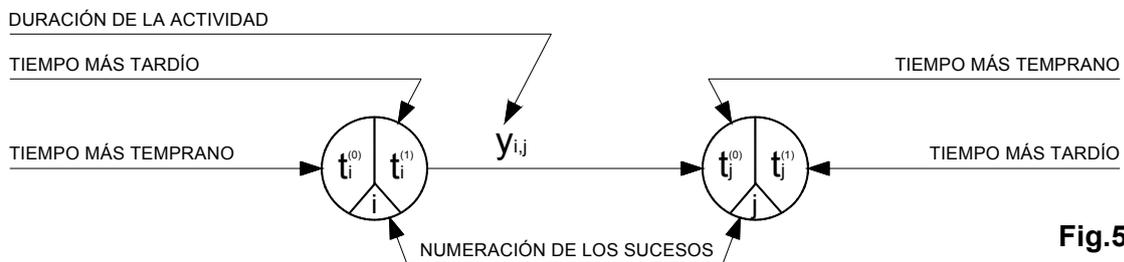


Notas:

Para calcular los tiempos **más tempranos**, empezamos desde el suceso origen hasta el suceso final, y se tomara el **mayor** de los concurrentes.

Para calcular los tiempos **más tardíos** empezamos desde el suceso final hasta el suceso origen, se tomara el **menor** de los concurrentes.

Para programaciones complejas con un **gran número de actividades** los **sistemas informáticos** nos **facilitaran todos estos cálculos**, aplicando la **matriz de ZANDERENKO**³².

5.3.8. HOLGURA Y CRITICIDAD**Fig.5.3.18****Holgura de un suceso. Sucesos críticos**

Para cada suceso de la red podemos conocer $t_i^{(0)}$ y $t_i^{(1)}$ que se corresponden con los instantes más temprano y más tardío en los que puede ocurrir.

Holgura de un suceso

Diferencia de $t_i^{(1)} - t_i^{(0)}$; si $t_i^{(1)} - t_i^{(0)} = 0 \Rightarrow$ El **suceso es crítico**.

Cuando la duración programada del proyecto $\lambda = tn^{(0)}$ ocurre que $t_i^{(0)} \leq t_i^{(1)}$ y la **holgura de cada suceso** será ≥ 0 .

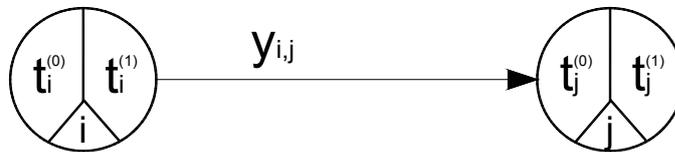
Los sucesos de holgura positiva admiten todo un intervalo de posibles valores para el acontecimiento real de las mismas sin afectar a la fecha de terminación del proyecto. Por eso se denomina holgura de un suceso, y cuando la **holgura es cero**, se denomina **suceso crítico**.

El conocimiento de las holguras es de gran importancia para la dirección del proyecto.

³² ROMERO LÓPEZ, CARLOS. (1983). “*Técnicas de Programación y Control de proyectos*”. (2ª edición corregida). Ediciones Pirámide, S.A. Madrid. Página 46.

5.3.8.1. CLASES DE HOLGURA DE UNA ACTIVIDAD. ACTIVIDADES CRÍTICAS

Fig.5.3.19



Sea la actividad (i,j) de la Fig.5.3.19. con los tiempos más tempranos y más tardíos de cada uno de los sucesos i, j.

Holgura total: $H_{T_{i,j}} = t_j^{(1)} - t_i^{(0)} - Y_{i,j}$.

La holgura total es siempre mayor o igual que cero, cuando $t_n^{(0)} \leq t_n^{(1)}$.
 $t_j^{(1)} \geq t_j^{(0)} \geq t_i^{(0)} + Y_{i,j}$

Esta holgura **representa el retraso total posible** en el comienzo de la actividad (i,j) cuando las actividades precedentes terminan en sus instantes más tempranos y las siguientes empiezan en sus tiempos más tardíos. Si la actividad (i,j) consume toda su holgura total, se fuerza a que el suceso j ocurra en su instante más tardío.

La **holgura total** se considera como la **holgura de una ruta o subruta**.

Holgura libre: $H_{L_{i,j}} = t_j^{(0)} - t_i^{(0)} - Y_{i,j}$.

Representa el retraso posible en el comienzo de la actividad (i,j) cuando las actividades precedentes terminan y las siguientes empiezan en sus tiempos más tempranos. Si la actividad (i,j) consume toda su holgura libre los sucesos siguientes deben ocurrir en sus instantes más tempranos.

La **holgura libre** se considera como **holgura de la actividad**.

Holgura independiente: $H_I = t_j^{(0)} - t_i^{(1)} - Y_{i,j}$.

Esta holgura representa el retraso posible en el comienzo de la actividad (i,j) cualquiera que sea la situación de las otras actividades precedentes y siguientes siempre que permanezcan dentro de sus límites.

Una representación grafica de los tres tipos de holgura se realiza en las Fig.5.3.20. y Fig.5.3.21.

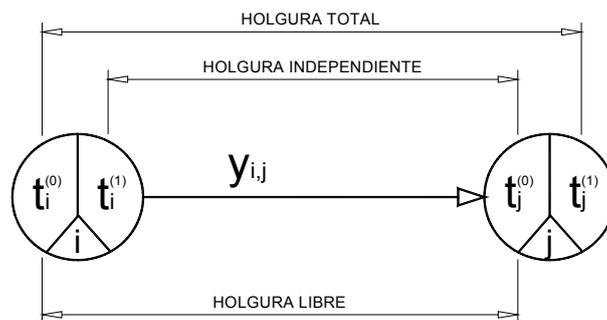


Fig.5.3.20

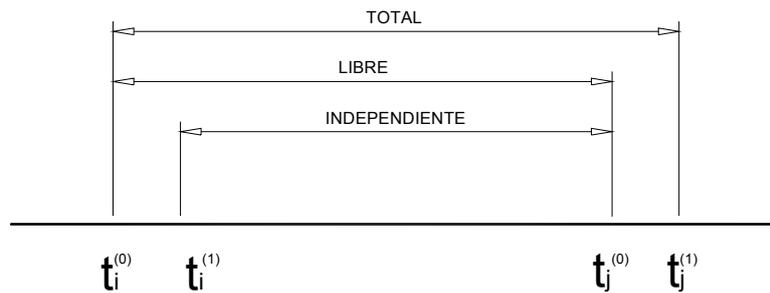


Fig.5.3.21

Si $t_n^{(0)} = t_n^{(1)} = \lambda$ se cumple que $H_T \geq H_L \geq H_I$.

ACTIVIDAD CRÍTICA: Se establece el concepto sobre la base de la **holgura total**. Se deduce que la actividad (i,j) **es crítica** cuando **su holgura total es cero**. Entonces sus dos sucesos i y j serán también críticos pues $t_i^{(0)} = t_i^{(1)}$ y $t_j^{(0)} = t_j^{(1)}$.

El hecho de que el suceso de partida y el de llegada de una actividad sean críticos no presupone que la actividad sea crítica siempre. Pero para que una actividad sea crítica los sucesos de donde parte y donde llegan serán críticos necesariamente.

Las holguras de cada actividad las colocamos en el gráfico, a continuación de la duración, entre paréntesis y por el orden establecido.

Las actividades **críticas** las representaremos con **doble flecha**.

EJEMPLO

Tenemos las actividades de una obra, cuyas duración calculada y ligaduras son las siguientes:

Duraciones

A - 4, B - 3, C - 4, D - 5, E - 6, F - 3, G - 6, H - 4, I - 3, J - 2 y K - 4.

Ligaduras

A → C D y E → F, H, I y J I y H → K
 B → D y E C y F → G

Deseamos:

- 1º) Realizar el grafico C.P.M.
- 2º) Calcular los tiempos más tempranos y más tardíos de los sucesos.
- 3º) Calcular la holgura de las actividades.
- 4º) Marcar la o las rutas críticas.

La solución correcta es la **Fig. 5.3.22**.

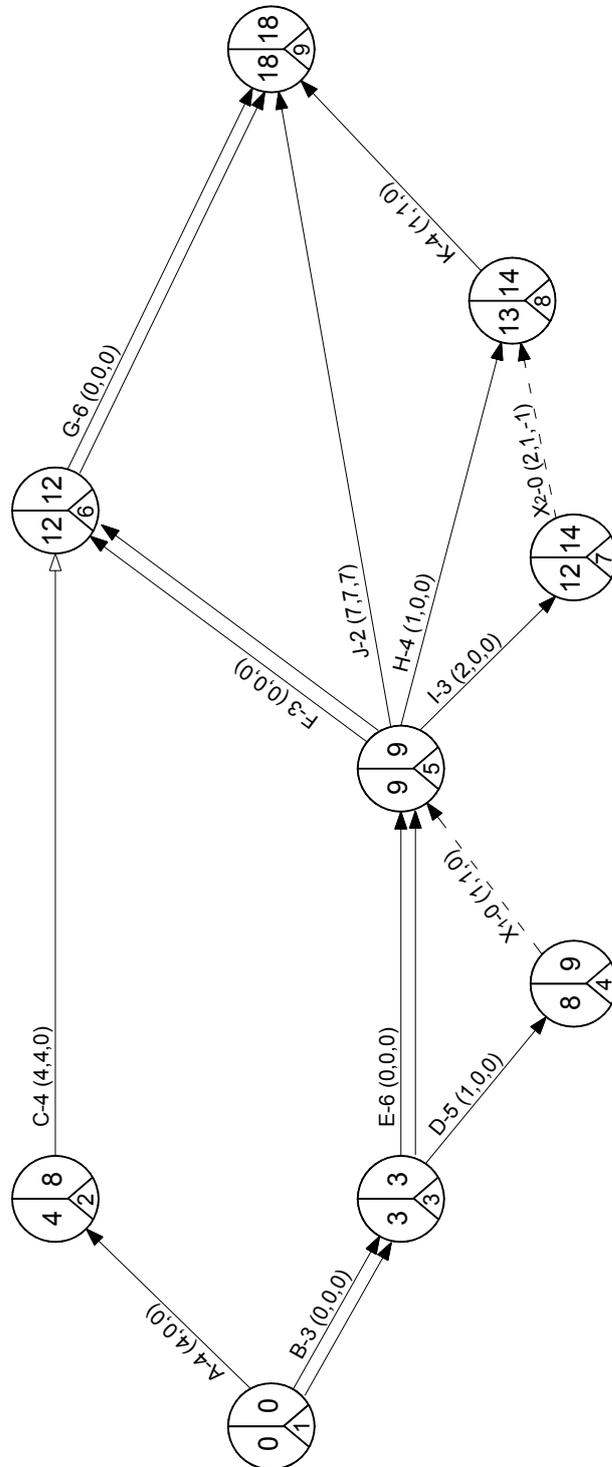


Fig.5.3.22

RUTAS CRÍTICAS: B-E-F-G

5.3.9. LONGITUD Y HOLGURA DE UNA RUTA

Se llama **longitud de una ruta** que va desde el **suceso 1** hasta el **suceso n** a la **suma de las duraciones** de las actividades que la componen.

Holgura de una ruta: Diferencia entre el tiempo disponible $\lambda = t_n^{(1)} = t_n^{(0)}$ y la **longitud de la ruta**.

$$\text{Holgura de una ruta} = \text{Tiempo disponible} - \text{La longitud de la ruta}$$

5.3.9.1. LONGITUD Y HOLGURA DE LA RUTA MÁS LARGA QUE PASA POR UNA ACTIVIDAD (i,j)

La **longitud** de esta **ruta más larga** será la suma de las tres partes.

$$\text{Long} = t_i^{(0)} + Y_{i,j} + \lambda - t_j^{(1)} = \lambda - (t_j^{(1)} - t_i^{(0)} - Y_{i,j}) = \lambda - H_{T_{i,j}}$$

La **longitud** de la ruta mas larga que pasa una actividad (i, j) es igual al **tiempo disponible** ($\lambda = t_n^{(1)} = t_n^{(0)}$) menos la **holgura total de la actividad** (i,j).

Holgura de la ruta más larga que pasa una actividad (i,j) es igual a la **holgura total** de la **propia actividad** (i,j).

5.3.9.2. RUTAS CRÍTICAS DE ORDEN POSTERIOR

La **ruta crítica**, según hemos visto antes, es la **ruta de mayor longitud**. Se denomina **segunda ruta crítica o ruta de 2º orden** a aquella cuya longitud es sólo superada por la crítica. La holgura de esta ruta no es cero y por tanto tampoco lo serán las holguras de todas sus actividades. Algunas de estas actividades pueden ser críticas y al menos existirá una holgura total igual a la de la ruta.

Se define la **tercera ruta crítica o ruta crítica de tercer orden** aquella cuya longitud es sólo superada por la segunda crítica y por la crítica principal.

Análogamente se introducen las rutas críticas de orden 4º, 5º, etc.

Cuando la longitud de una ruta crítica de 2º orden, 3º orden, etc., es un valor muy próximo a λ , se dice que se trata de una ruta **casi crítica**.

A veces una pequeña modificación de las duraciones de las actividades transforma a las **casi críticas** en **críticas**. Suelen considerarse como **casi críticas** aquellas rutas cuya longitud es más corta que la crítica hasta en un 15 %. Este tope hace que si la segunda ruta crítica tiene una gran holgura, no existen rutas **casi críticas**.

EJEMPLO

Tenemos que organizar las **actividades** para construir una viga de hormigón armado. Tenemos tres actividades en cada viga. Sólo disponemos de una cuadrilla de encofradores, ferrallistas y hormigonadores.

Sólo una viga V₁; el C.P.M. sería el de la Fig.3.5.23.



Fig.5.3.23

Con dos vigas V₁ y V₂

No podemos encofrar más de una viga a la vez (se emplean los mismos recursos para la construcción de dos vigas). No podemos armar las dos vigas a la vez, ni hormigonar, ni vibrar.

Simultaneando V₁ y V₂ y con los mismos recursos para ambas, no podemos hacer las mismas actividades en ambas al mismo tiempo.

Ha de estar acabada de armar la V₁ para armar la V₂. Para hormigonar la V₂ tiene que estar hormigonada la V₁ y armada la V₂. Cada actividad en la viga se condiciona a que este en esa misma viga la tarea anterior y que este disponible el equipo que realizara el trabajo.

El C.P.M. es el de la Fig.5.3.24.

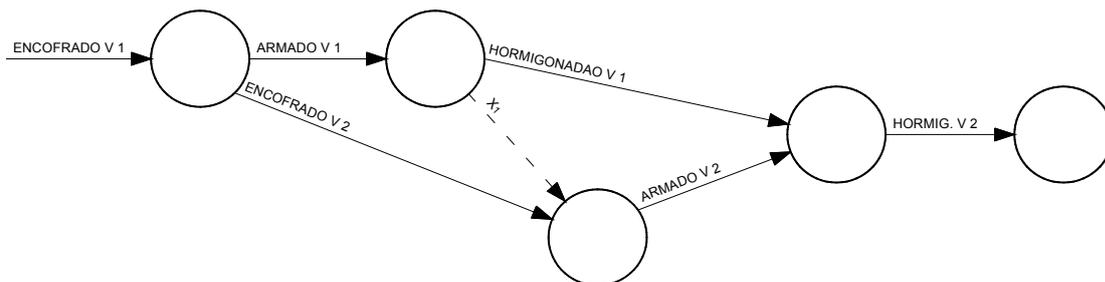


Fig.5.3.24

Con tres vigas V₁, V₂ y V₃

Solo disponemos de un equipo por especialidad, como en el caso anterior.

La solución presentada en el C.P.M. de la **Fig.5.3.25.** es **incorrecta.**

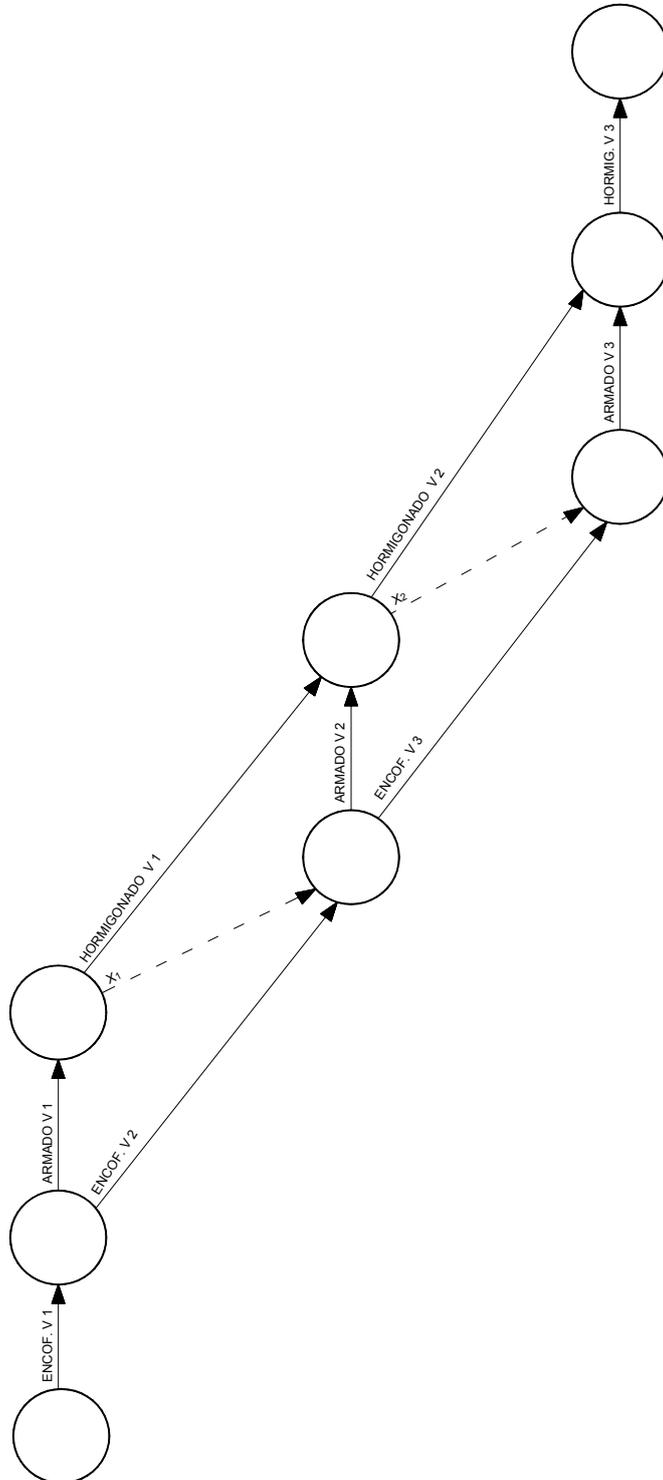


Fig.5.3.25

Está **mal resuelto**, aunque recoge todas las ligaduras previstas y necesarias, he puesto **dos ligaduras que no tienen ninguna relación**. Esto es consecuencia de la estructura del **grafico** y error más comúnmente cometido.

Armado. $V_1 \rightarrow$ Encofrado V_3 . (El armado de V_1 **no tiene que preceder** al encofrado de V_3).

Hormigonado. $V_1 \rightarrow$ Armado V_3 . (El hormigonado de V_1 **no tiene que preceder** al armado de V_3).

Tengo que **poner todas las ligaduras necesarias**, pero **no poner ninguna que no exista**.

La **solución correcta** se presenta en la **Fig.5.3.26**.

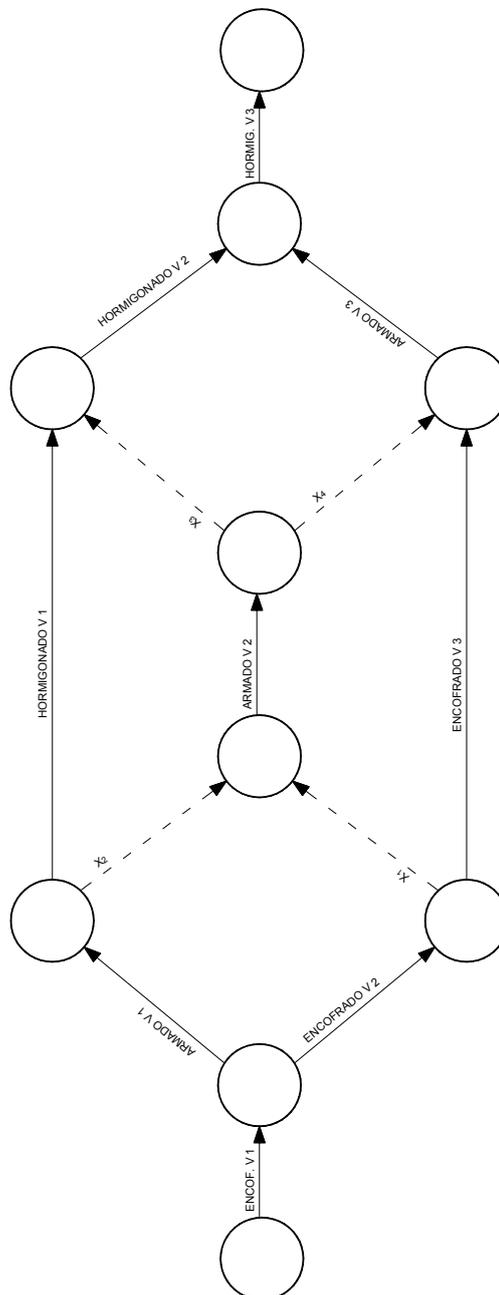


Fig.5.3.26

Suponiendo que el C.P.M. de la Fig.5.3.26. Las tareas o actividades tuvieran las duraciones siguientes.

Tiempos

ENCOFRADO - 90'

ARMADO - 30'

HORMIGONADO - 25'

El C.P.M. resuelto con las duraciones anteriores sería el de la Fig.5.3.27.

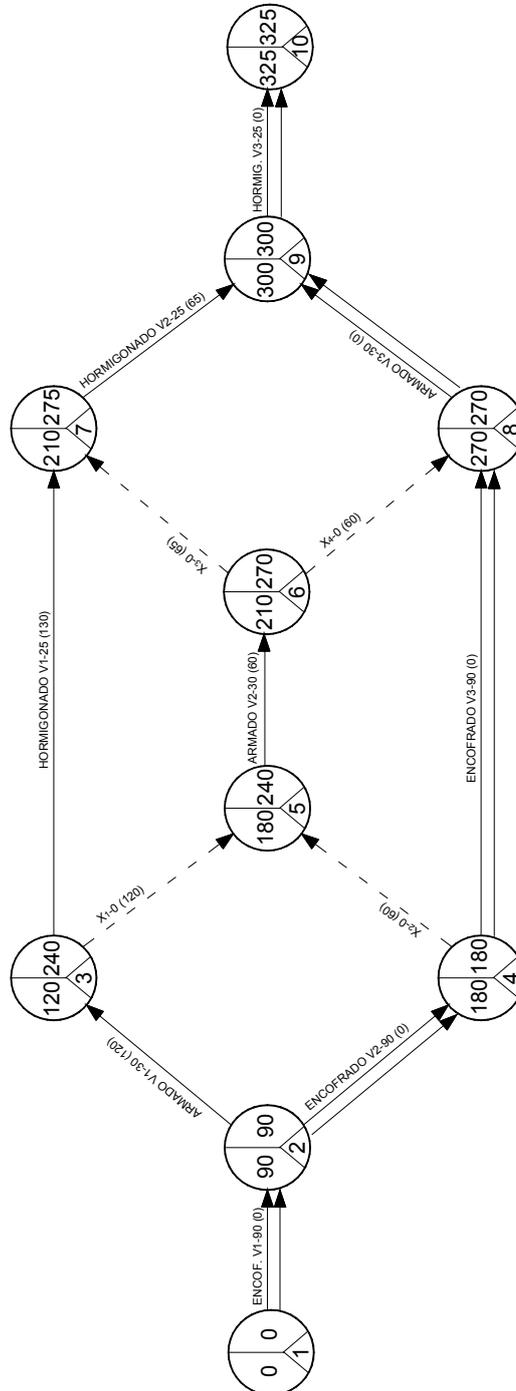


Fig.5.3.27

R.C.: E.V1 – E.V2 – E.V3 – A.V3 – H.V3

NIVELADO DE RECURSOS

En el primer C.P.M. del ejemplo veo que los encofradores no tienen ningún descanso, en cambio los ferrallistas y hormigonadores tienen mucha holgura, por lo tanto mucho tiempo libre (se desaprovechan cuadrillas).

Para solucionarlo lo que hago es aumentar la cuadrilla de encofradores. La hago triple de lo que era por lo que tardarán 30' en encofrar una viga. (Suponiendo que técnicamente fuera posible).

ENCOFRADO - 30'
ARMADO - 30'
HORMIGONADO - 25'

Hago el nuevo C.P.M. representado en la **Fig.5.3.28.** y vemos que las holguras son mínimas, no se pierde prácticamente tiempo. Los recursos están equilibrados. Además tardo 145' en vez de 325' y esto solamente variando el equipo de los encofradores.

R.C.: E.V₁-E.V₂-E.V₃-A.V₃-H.V₃
E.V₁-E.V₂-X₂-A.V₂-X₄-A.V₃-H.V₃
E.V₁-A.V₁-X₁-A.V₂-X₄-A.V₃-H.V₃

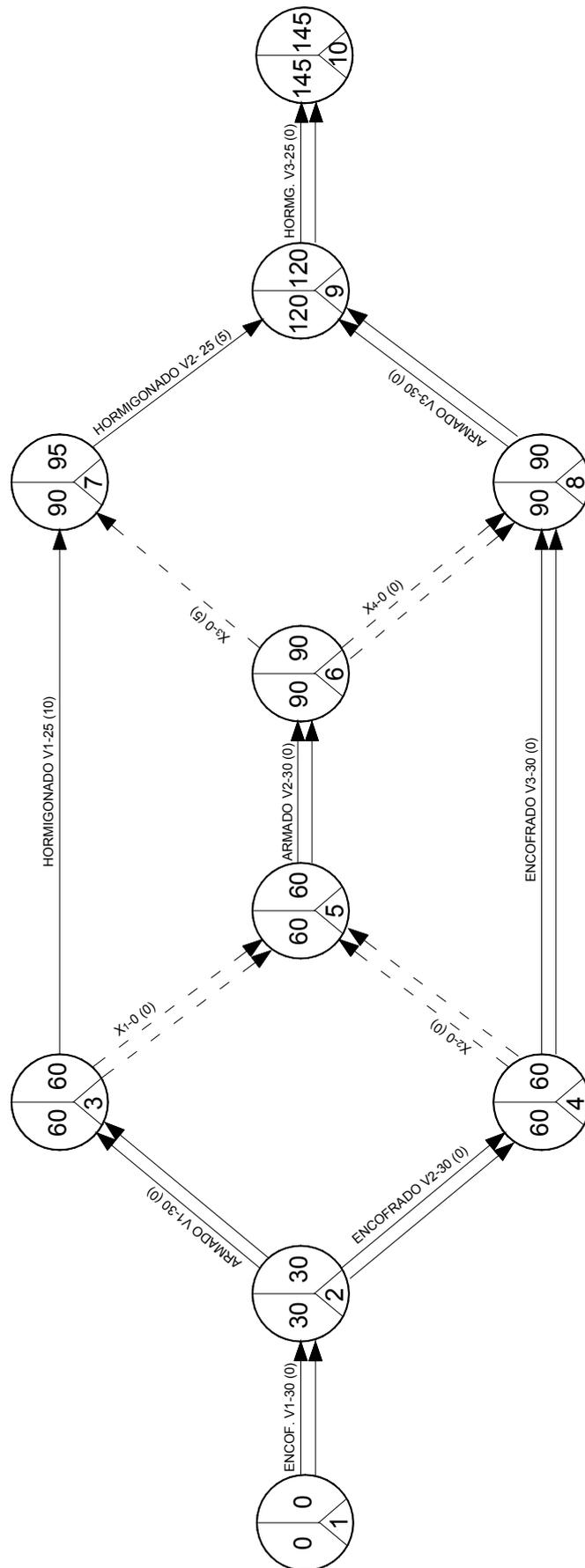


Fig.3.5.28

5.4. MÉTODO PERT

5.4.1. INTRODUCCIÓN

Una vez analizado el método C.P.M., comenzaré por adelantar que el método PERT es muy parecido y que fundamentalmente es la forma de obtener la **duración de las actividades (probabilístico)** y en consecuencia la posibilidad de calcular la **probabilidad de cumplir con la fecha esperada** lo que les **diferencia**.

Estas diferencias junto con otras de menos importancia las veremos en el apartado correspondiente con mayor detalle y serán las que analizaremos con detenimiento; valiendo para todo lo demás (calendario de sucesos, holguras, criticidad, representación grafica, etc.). Lo visto para el método C.P.M. puesto que todas estas cuestiones son iguales para los dos métodos.

5.4.2. DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS ENTRE EL C.P.M. Y EL PERT

DIFERENCIAS

- El PERT define claramente los **sucesos**, quedando las **actividades** en un segundo lugar, al contrario que en el C.P.M. en el que son las **actividades** las que adquieren especial relevancia.
- El PERT es un conjunto de **objetivos** y el C.P.M. es la unión de unas **actividades** que hay que realizar
- El PERT funciona con tiempos **probabilísticos** y en el C.P.M. se actúa con una sola duración, tiempos **deterministas** o **calculados**.
- El PERT se utiliza en programas de **investigación**, en el que los tiempos que dura una actividad no están claros y por lo tanto habrá que proceder a realizar estimaciones. El C.P.M. se maneja en programas en que los tiempos son **ciertos** y como consecuencia se adapta mejor a la realidad de la construcción de obras.
- La duración en el PERT se obtiene partiendo de tres estimaciones de tiempos: t_o (tiempo optimista), t_m (tiempo más probable), t_p (tiempo pesimista). En el C.P.M. por el contrario **la duración** de la actividad es cierta, calculada o determinista.
- Con el PERT se puede calcular la probabilidad de cumplimiento de los plazos del programa, debido a la forma de obtener las duraciones de las actividades y en el C.P.M. no es posible.

Diferencias terminológicas:³³

Notación en el método PERT	Notación en el método C.P.M.
Suceso	Nudo
Actividad	Trabajo
Holguras	Flotantes
Tiempo early	Tiempo más bajo de iniciación
Tiempo last	Tiempo más alto de iniciación

³³ ROMERO LÓPEZ, CARLOS. (1983). "Técnicas de Programación y Control de proyectos". (2ª edición corregida). Ediciones Pirámide, S.A. Madrid. Página 48.

SEMEJANZAS

En el sistema C.P.M. y PERT salvadas las diferencias mencionadas anteriormente, el resto de características son iguales, es decir, cálculo del calendario y numeración de los sucesos, holguras, representación gráfica, etc., pero la **semejanza más importante** es que los dos métodos se fundamentan en las teorías del **camino crítico**.

5.4.3. LOS TIEMPOS DEL PERT: CONCEPTOS GENERALES

El PERT es un **método de programación** en el cual se pueden realizar modificaciones de datos las veces que sean necesarias, ya sea a la hora de programar como de ejecutar un proyecto, esto es de especial importancia debido a que en una obra raramente se cumplen los plazos programados, y varían la duración de la ejecución de las actividades.

Los datos introducidos para los cálculos del PERT deben **ser reales**, pudiendo fácilmente falsearse por la forma en que se obtienen, dependiendo de lo que queramos obtener, es decir **puede ser programado para la obtención de un resultado querido o deseado**, lo cual **no es aceptable**.

Para el cálculo de **las duraciones** de las actividades emplearemos datos reales, basados en el **conocimiento del trabajo, rendimientos, medios empleados, retrasos habituales** durante su ejecución.

Para cada actividad utilizaremos tres tiempos: **tiempo optimista, tiempo más probable, y tiempo pesimista**.

5.4.3.1. ESTIMACIONES DE LOS TIEMPOS

Tiempo optimista: (t_o)

Es el tiempo mínimo necesario para la realización de una actividad. Suponiendo para ello que no se produce ningún retraso o contratiempo durante la realización de la actividad (poco realista).

Tiempo más probable: (t_m)

Es el tiempo que más se acerca a la realidad, necesario para la ejecución de una actividad. Basado en tiempos reales, en la experiencia de la ejecución de la actividad, y retrasos durante la realización de esta.

Tiempo pesimista: (t_p):

Es el tiempo máximo necesario para la realización de una actividad, bajo las peores condiciones posibles habituales durante su ejecución; sin considerar desastres naturales, incendios, etc.

Una vez estimado en cada actividad los tres tiempos obtenemos el:

Tiempo esperado: (t_e):

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}$$

Es similar a la obtención de probabilidades de las curvas de la distribución estadística, basadas en análisis repetido de resultados. **Fig.Nº.5.4.1.**

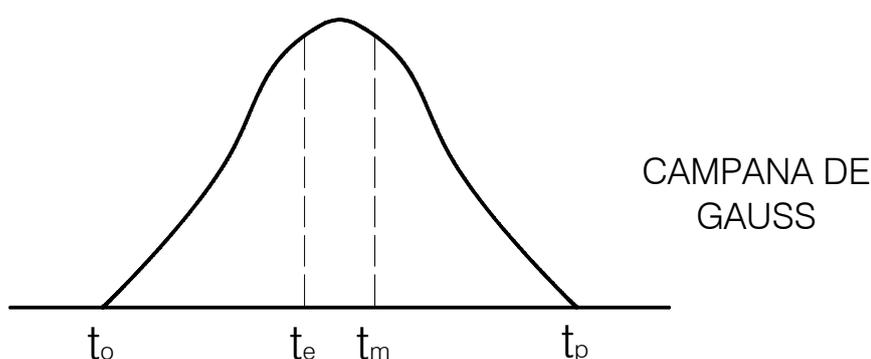


Fig.5.4.1

5.4.4. EL MÉTODO DE LA SIMULACIÓN MONTE CARLO

5.4.4.1. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA

La simulación Monte Carlo es un sistema de obtención de muestras aleatoriamente o al azar (cartas, dados, ruletas, etc) para problemas que analíticamente serían muy complicados de resolver. Debido a esta singularidad de obtención de muestras los matemáticos N. Metrópolis y S. Ulam a finales de los años 40 le dieron el nombre de uno de los casinos más famosos del mundo: Monte Carlo.

5.4.4.2. ANÁLISIS CRÍTICO DEL MÉTODO PERT EN UN CONTEXTO ALEATORIO

Aplica el teorema central del límite que se basa en la que la duración media del proyecto es la suma de las medias duraciones de las actividades que forman la ruta crítica y la varianza es la suma de las varianzas de las duraciones.

Condiciones para aplicar el teorema central del límite:

- a) La ruta crítica estará formado por un gran número de actividades, sino se cumple esto no se podrá aplicar el teorema central del límite.
- b) La distribución de probabilidad ha de ser la misma en la medición de la duración de las actividades de la ruta crítica por medio de variables aleatorias.
- c) Las variables aleatorias han de ser independientes estadísticamente. Esto no tiene porque cumplirse siempre, hay casos en los que la duración de una actividad influye en la duración de otras actividades.

Consecuencias de decir que la suma de las duraciones medias de las actividades que forma la ruta crítica dan la duración media del proyecto:

- a) No se admite que otras actividades sean críticas debido a la aleatoriedad de los tiempos de ejecución.
El método de simulación Monte Carlo admite que todas las actividades puedan ser críticas, ya que cada actividad tiene unos índices de criticidad, o probabilidad de ser crítica esa actividad.
- b) Si sólo hay una ruta del suceso origen al suceso final, la suma de las duraciones medias es la duración media del proyecto, si hay mas rutas que puedan ser críticas puede haber mas duraciones medias del proyecto.

5.4.4.3. APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN MONTE CARLO AL MÉTODO PERT

Empleamos la simulación Monte Carlo para resolver problemas que aparecen al utilizar el método PERT.

- a) Establecer la distribución probabilística a emplear en las actividades que componen el proyecto para la obtención de la duración de estas, cuatro tipos de distribución probabilística: normal, triangular, rectangular y betas.
- b) Establecer la cantidad n de simulaciones a realizar.
- c) Realizar las duraciones de las distintas actividades por simulación, se determinan de cada suceso los tiempos mas temprano y mas tardío, y las actividades de la ruta crítica.
Para hallar la media y la varianza de las duraciones en el proyecto emplearemos la distribución de frecuencias de la duración del proyecto obtenida del total de simulaciones realizadas en el proyecto.
- d) Diremos los índices de criticidad de las actividades a partir de las simulaciones realizadas. Su cálculo se realiza dividiendo las veces que una actividad ha sido crítica entre el total de simulaciones realizadas, y esto nos indica la probabilidad de una actividad de ser crítica.
- e) Con los datos obtenidos podemos hallar valores medios, como por ejemplo valores medios de las duraciones de las actividades, los tiempos más temprano y más tardío, etc.

Para agilizar el método Monte Carlo desecharemos las actividades que tengan menor probabilidad de ser críticas.

Dos formas o métodos:

1. Dar a las actividades sus tiempos mínimos de ejecución, y calcular la ruta crítica y la duración del proyecto. Dar los tiempos máximos de ejecución a las actividades no críticas. Se simulará a las actividades que estén dentro de rutas de duración mayor a la crítica, al resto se les dará un valor de criticidad nulo.
2. No se simularán aquellas actividades que no hayan estado un n veces mínimo en la ruta crítica.

En los dos métodos se les dará un tiempo de ejecución igual al valor medio de la correspondiente distribución de probabilidad a las actividades.

5.4.5. CALENDARIO DE LOS SUCESOS Y DISPERSIÓN DE LA VARIABLE

T_E es el **tiempo más temprano** para realizar un proyecto.

T_E = fecha mínima en que se alcanza un acontecimiento. Es la suma de las duraciones medias (t_e) de todas las actividades que están en el **camino más largo** desde el principio del grafo hasta el acontecimiento en cuestión.

T_E (siguiente) = **MAYOR** de T_E (precedentes) + t_e (actividad)

T_L es el **tiempo más tardío** o **disponible** para la ejecución de un proyecto

T_L = fecha máxima en la que cada acontecimiento debe ser alcanzado. Se calcula restando de la duración programada la longitud del **camino más largo**.

T_L (precedente) = **MENOR** de T_L (siguientes) – t_e (actividad)

Para calcular el tiempo esperado de cada actividad t_e emplearemos la formula:

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}$$

Y la **desviación típica** de esta distribución viene dada por la expresión:

$$\text{DISPERSIÓN} \Rightarrow \sigma = \frac{t_p - t_o}{6} \quad (\text{desviación típica de cada actividad})$$

EJEMPLO: La estimación 4-5-18, (t_p , t_m y t_o respectivamente) y 6-7-8 tendrán como valor medio en los dos casos:

$$t_{e_1} = \frac{4 + 4 \times 5 + 18}{6} = \frac{42}{6} = 7 \qquad t_{e_2} = \frac{6 + 4 \times 7 + 8}{6} = \frac{42}{6} = 7$$

Pero la desviación típica será:

$$\sigma_{t_{e_1}} = \frac{18 - 4}{6} = 2,33 \qquad \sigma_{t_{e_2}} = \frac{8 - 6}{6} = 0,33$$

Mayor fiabilidad de t_{e_2} por tener una **desviación típica menor**.

Por lo tanto, podemos decir que cuanto menor sea la dispersión, mayor será la fiabilidad de la duración esperada.

Varianza de la distribución de probabilidades

La **desviación típica** se calcula empleando la fórmula: $\sigma = \frac{t_p - t_o}{6}$, obteniendo en una actividad en su tiempo probable la incertidumbre. Siendo la varianza

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\Sigma(t_p - t_o)^2}{36}}$$

El objetivo es conocer el grado de incertidumbre para cumplir con lo programado por medio de una combinación de probabilidades, **utilizando la ruta o rutas críticas**. Si en **una ruta crítica** σ_t **es elevado** existe menor probabilidad de cumplir con el **T_E programado**.

5.4.6. CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD

Para calcular la **probabilidad de cumplir con el tiempo programado** se emplea la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{T_L - T_E}{\sigma_t}$$

En esta fórmula τ es el valor de la variable centrada y reducida de la **tabla N°.1**.

T_L = Tiempo límite o disponible. Duración programada al término del proyecto.

T_E = Tiempo esperado (tiempo más temprano del suceso final).

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\Sigma(t_p - t_o)^2}{36}}$$

Una vez obtenido τ miro la tabla **N°.1** y obtengo la probabilidad de cumplir con la fecha.

PROBABILIDAD DE CUMPLIR CON LAS FECHAS PROGRAMADAS

TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL			
VARIABLE CENTRADA Y REDUCIDA τ	ÁREA	VARIABLE CENTRADA Y REDUCIDA τ	ÁREA
0,00	0,5	0,00	0,5
-0,10	0,46	0,10	0,54
-0,20	0,42	0,20	0,58
-0,30	0,38	0,30	0,62
-0,40	0,34	0,40	0,66
-0,50	0,31	0,50	0,69
-0,60	0,27	0,60	0,73
-0,70	0,24	0,70	0,76
-0,80	0,21	0,80	0,79
-0,90	0,18	0,90	0,82
-1,00	0,16	1,00	0,84
-1,10	0,14	1,10	0,86
-1,20	0,12	1,20	0,88
-1,30	0,1	1,30	0,9
-1,40	0,08	1,40	0,92
-1,50	0,07	1,50	0,93
-1,60	0,05	1,60	0,95
-1,70	0,04	1,70	0,96
-1,80	0,04	1,80	0,96
-1,90	0,03	1,90	0,97
-2,00	0,02	2,00	0,98
-2,10	0,02	2,10	0,98
-2,20	0,01	2,20	0,99
-2,30	0,01	2,30	0,99
-2,40	0,01	2,40	0,99
-2,50	0,01	2,50	0,99

TABLA N°.1

Si $T_L = T_E \rightarrow \tau = 0 \rightarrow$ Probabilidad = 50%

Si $T_L > T_E \rightarrow \tau > 0 \rightarrow$ Estamos por encima del 50%.

Cuanto mayor sea la diferencia y de valor positivo tendremos **mayor probabilidad**.

Si $T_L < T_E \rightarrow \tau < 0 \rightarrow$ Estamos por debajo del 50%.

Cuanto mayor sea la diferencia y de valor negativo tendremos **menor probabilidad**.

Se dice que hay **certidumbre estadística** cuando se tiene al menos el **97% de probabilidad**.

Si se suman las duraciones medias de las actividades situadas en el camino más largo del grafo (**el camino crítico**), el total será la **fecha más temprana** (T_E) para el acontecimiento final, o lo que es lo mismo, para el proyecto.

Normalmente, un **proyecto** tiene una fecha de término programada, o **tiempo disponible** y si dicha fecha **coincide** con la **fecha más temprana** T_E del acontecimiento final, en este caso la **probabilidad** de terminar en la fecha programada será **50%**.

Generalmente **son aceptables** los valores de esta **probabilidad** comprendidos entre **25%** y **65%**. Cuando la **probabilidad** obtenida **está por debajo del 25%** la probabilidad de terminar el proyecto en la fecha programada es tan baja que el **camino crítico debe ser acortado**.

Cuando la **probabilidad está por encima de 65%** hay **muchas probabilidades** de **que la fecha de terminación se cumpla**. (En los casos en que la probabilidad sea muy alta la dirección debe considerar la posibilidad de usar algunos recursos afectados al proyecto en otros trabajos de la empresa).

Aconsejable $25\% < P < 65\%$

5.4.7. EJEMPLO

Sean las actividades de una obra que queremos **programar** con sus ligaduras y tiempos estimados, siendo el tiempo disponible $T_L = 60$.

LIGADURAS

TIEMPOS ESTIMADOS

A → C, D
 B → E, I
 C → G, H
 I → J, M
 D, E → F, J, M
 F, H, J → K
 G → L

Actividad	t_o	t_m	t_p
A	6	12	30
B	8	10	20
C	6	11	40
D	3	21	40
E	12	15	20
F	6	12	25
G	1	2	4
H	3	12	16
I	5	17	21
J	5	10	21
K	7	9	12
L	6	9	12
M	25	30	40

Queremos:

- 1º) Realizar el PERT correspondiente.
- 2º) Calcular la probabilidad de cumplir con el plazo disponible, siendo $T_L = 60$.

1º) **Cálculo de los t_e de cada actividad:** $t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}$

NOTA: El redondeo se ha hecho por defecto en valores < de 0,25 y por exceso en valores \geq 0,25.

$$t_{e_A} = \frac{6 + 4 \times 12 + 30}{6} = \frac{84}{6} = \mathbf{14}$$

$$t_{e_B} = \frac{8 + 4 \times 10 + 20}{6} = \frac{68}{6} = 11,33 \hat{=} \mathbf{12}$$

$$t_{e_C} = \frac{6 + 4 \times 11 + 40}{6} = \frac{90}{6} = \mathbf{15}$$

$$t_{e_D} = \frac{3 + 4 \times 21 + 40}{6} = \frac{127}{6} = 21,166 \hat{=} \mathbf{21}$$

$$t_{e_E} = \frac{12 + 4 \times 15 + 20}{6} = \frac{92}{6} = 15,33 \hat{=} \mathbf{16}$$

$$t_{e_F} = \frac{6 + 4 \times 12 + 25}{6} = \frac{79}{6} = 13,166 \hat{=} \mathbf{13}$$

$$t_{e_G} = \frac{1 + 4 \times 2 + 4}{6} = \frac{13}{6} = 2,166 \hat{=} \mathbf{2}$$

$$t_{e_H} = \frac{3 + 4 \times 12 + 16}{6} = \frac{67}{6} = 11,166 \hat{=} \mathbf{11}$$

$$t_{e_I} = \frac{5 + 4 \times 17 + 21}{6} = \frac{94}{6} = 15,66 \hat{=} \mathbf{16}$$

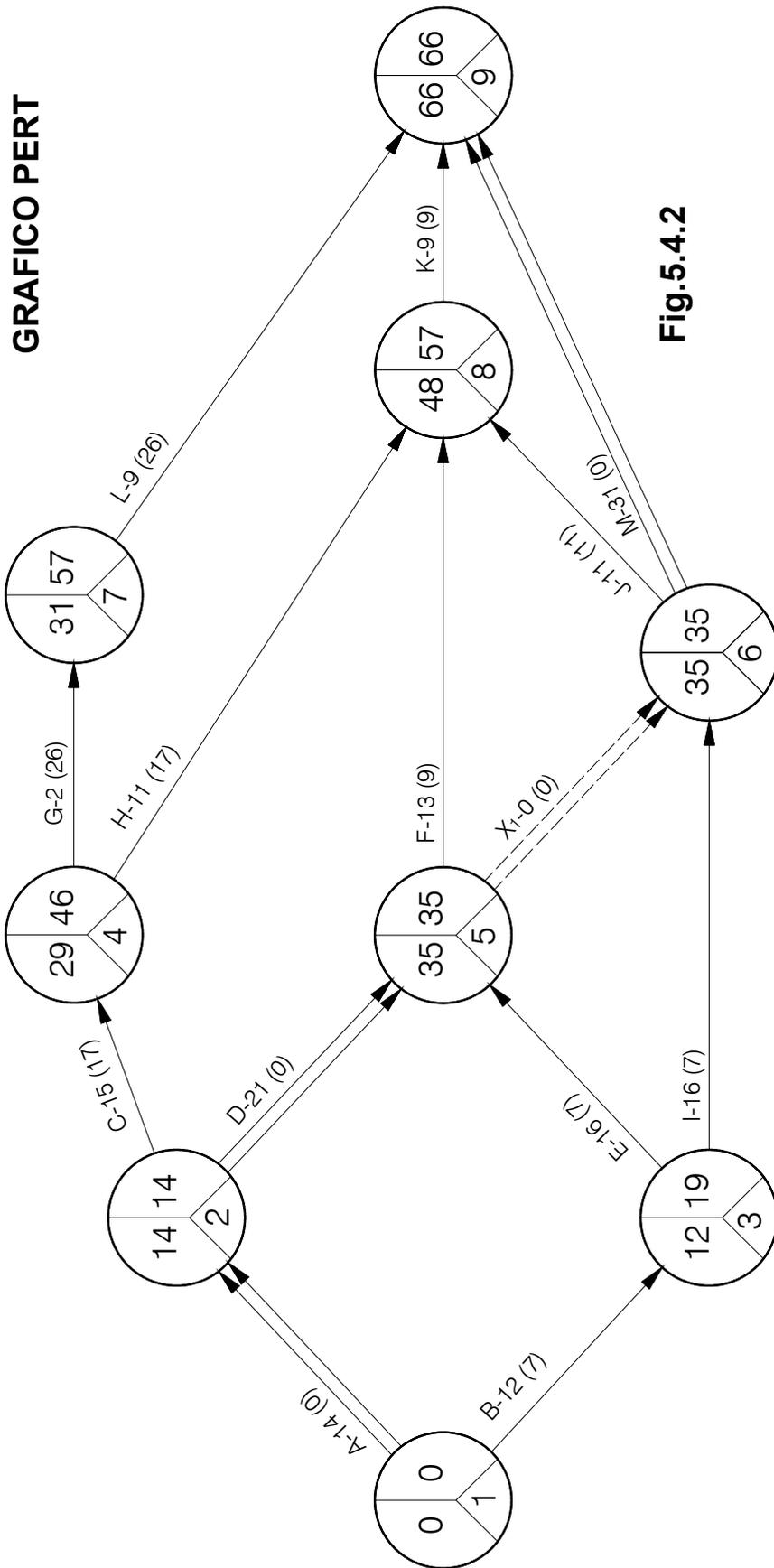
$$t_{e_J} = \frac{5 + 4 \times 10 + 21}{6} = \frac{66}{6} = \mathbf{11}$$

$$t_{e_K} = \frac{7 + 4 \times 9 + 12}{6} = \frac{55}{6} = 9,166 \hat{=} \mathbf{9}$$

$$t_{e_L} = \frac{6 + 4 \times 9 + 12}{6} = \frac{54}{6} = \mathbf{9}$$

$$t_{e_M} = \frac{25 + 4 \times 30 + 40}{6} = \frac{185}{6} = 30,833 \hat{=} \mathbf{31}$$

El grafico PERT correspondiente en la **Fig.5.4.2**



RUTA CRITICA A, D, X1, M, luego calculo $(t_p - t_o)$ y $(t_p - t_o)^2$ y tan sólo de estas actividades.

Actividad	t_o	t_m	t_p	t_e	$(t_p - t_o)$	$(t_p - t_o)^2$
A	6	12	30	14	24	576
B	8	10	20	11		
C	6	11	40	15		
D	3	21	40	21	37	1369
E	12	15	20	15		
F	6	12	25	13		
G	1	2	4	2		
H	3	12	16	11		
I	5	17	21	16		
J	5	10	21	11		
K	7	9	12	9		
L	6	9	12	9		
M	25	30	40	31	15	225
				$\Sigma =$		2170

*Actividad critica

2º) Probabilidad de que el proyecto se haga con $T_L = 60$.

$$\tau = \frac{T_L - T_E}{\sigma_T} \Rightarrow \tau = \frac{60 - 66}{\sqrt{\frac{2170}{36}}} = \frac{-6}{7,76} = -0,77$$

Busco en la **tabla N°.1** de probabilidades: para una $\tau = -0,77$ su probabilidad es igual 21,9% **≈ 22% NO ACEPTABLE**

PROBABILIDAD = 22%, no esta en el intervalo 25%<P<65%, **poca probabilidad** de terminar en la fecha programada.

Para aumentar la probabilidad hasta que ésta sea aceptable habrá que **acortar el tiempo esperado T_E** actuando sobre las **actividades de la ruta crítica**.

5.5. EL MÉTODO CPM / PERT - COSTE

5.5.1. INTRODUCCIÓN

El sistema C.P.M.-COSTE nace como desarrollo y continuación del C.P.M., uno de los autores del método C.P.M. es J.E. Kelley y fue él quien desarrolló el método.

Durante el estudio del C.P.M./PERT-COSTE, también llamado **MCE (Minimum Cost Expediting)** es decir **aceleración del proyecto a coste mínimo**, veremos que este es un C.P.M./PERT en el que se acelera el proceso **actuando sobre la ruta crítica**.

El objetivo del C.P.M./PERT-COSTE es reducir de manera óptima la duración del proyecto, teniendo en cuenta los costes, para que estos no aumenten y en caso de hacerlo sean los mínimos posibles.

Igualmente el C.P.M./PERT-COSTE se puede utilizar para buscar el **plazo más económico** en función de la **evolución** de los **costes directos** e **indirectos** de obra.

5.5.2. NECESIDADES DE ACORTAMIENTOS DE PLAZO

5.5.2.1. DURANTE LA PROGRAMACIÓN DE LA OBRA

1. Buscar el plazo más económico. Dado que los costes directos tienden a aumentar si reducimos las fechas de la programación y los costes indirectos tienden a disminuir, hay un tiempo en la programación que resulta a coste mínimo.
2. Ajustando la obra al plazo disponible. Si tenemos un plazo dado para realizar una obra, pero al realizar la programación el plazo esperado nos sale superior al plazo disponible, acortaremos la programación hasta alcanzar el plazo dado mediante los sucesivos tensados de redes.
3. En el PERT con tiempos aleatorios. Para alcanzar la probabilidad deseable para realizar la programación de una obra, tendremos que ajustarnos al plazo resultante de la probabilidad deseada. Por lo que reduciremos los plazos según la necesidad de ajustarnos a esta probabilidad.

5.5.2.2. DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

Si durante la ejecución de la obra y en su **fase de control**, detectamos que se han producido **retrasos** y el plazo final resultara de obligado cumplimiento o estos retrasos son inasumibles, procederemos a realizar los **acortamientos** más económicos en las actividades que aun no se han ejecutado.

5.5.3. ELECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DONDE ACORTAR

5.5.3.1. ACTIVIDADES CRÍTICAS

La elección de las actividades a acortar se realizará entre las **actividades críticas** ya que solo acortando en estas logramos reducir los plazos totales de la obra. **Vigilando** la posible **transformación en críticas** de aquellas actividades cuya holgura sea pequeña. En el caso de acortar en las actividades no críticas solo conseguiremos aumentar la holgura de estas actividades y aumentar los costes directos de la obra.

5.5.3.2. CRITERIO DE SELECCIÓN EN FUNCIÓN DE COSTES

Empezaremos a **reducir** en las **actividades de la ruta crítica** y dentro de estas las que tenga un **coste directo más barato**. Si acortamos al máximo todos los tiempos de la ejecución de las actividades que lo permitan, obtendremos un plazo mínimo. Este plazo no se puede reducir y será el que nos dará el coste total de ejecución máximos. Haciéndolo **selectivamente**, podemos llegar igualmente al **plazo deseado** o hasta el límite del plazo mínimo anterior y el **incremento** de los **costes directos** será **menor** normalmente que en el caso anterior.

5.5.4. COSTES DIRECTOS, INDIRECTOS Y TOTALES:

5.5.4.1. COSTE DIRECTO

Coste imputable a una unidad de obra concreta

EJEMPLO: m² de fábrica de ladrillo.

Costes directos:

Materiales:	35 unidades a 8 ptas.: 280 ptas. 30 litros de mortero 1/6: 15 ptas.
Mano de obra:	½ hora de oficial a 3500 ptas/hora: 1750 ptas. ¼ hora de peón a 2000 ptas/hora: 500 ptas.
Medios auxiliares:	si los hay.

Se puede establecer una correspondencia entre el coste directo de una actividad y el tiempo invertido en su ejecución. La **reducción de plazos** puede producir el **aumento de los costes directos**.

Para acelerar el ritmo de ejecución de una obra, con la consiguiente variación de costes, los recursos asignados pueden aumentarse.

Para esto podemos aplicar varias medidas:

- **Contratación de más personal**, a precio igual o superior al normal
- **Realizar horas extras** con incremento de costes directos.
- **Turnos extraordinarios:** aumentamos los turnos, incluso hasta hacer turnos de noche, con un incremento de los costes directos. (Necesitamos luz artificial.)
- **Primar a la mano de obra**

Todo ello normalmente **implica un mayor coste directo**.

Evolución del coste directo en función del tiempo.

Además de la variable temporal tenemos la variable coste de ejecución de cada actividad. Para cada actividad (i,j) vamos a definir una función de coste, la que corresponde entre la duración de la actividad y el coste directo que origina. Dentro de ciertos límites **puede variarse la duración** de la actividad, **umentando** el empleo de **recursos**.

Ocurrirá en general que al acortarse el tiempo de duración del coste directo de la actividad aumentará, aproximándose a una curva como la representada en la **Fig. 5.5.1**.

El tiempo $D_{i,j}$ se **denomina normal** y se corresponde con la combinación de recursos normalmente empleados. Se puede acelerar la ejecución de la actividad, pero la aceleración encuentra un límite $d_{i,j}$ que se **denomina urgente**. La duración $Y_{i,j}$ que se le asigna a una actividad (i,j) estará comprendida entre estos límites.

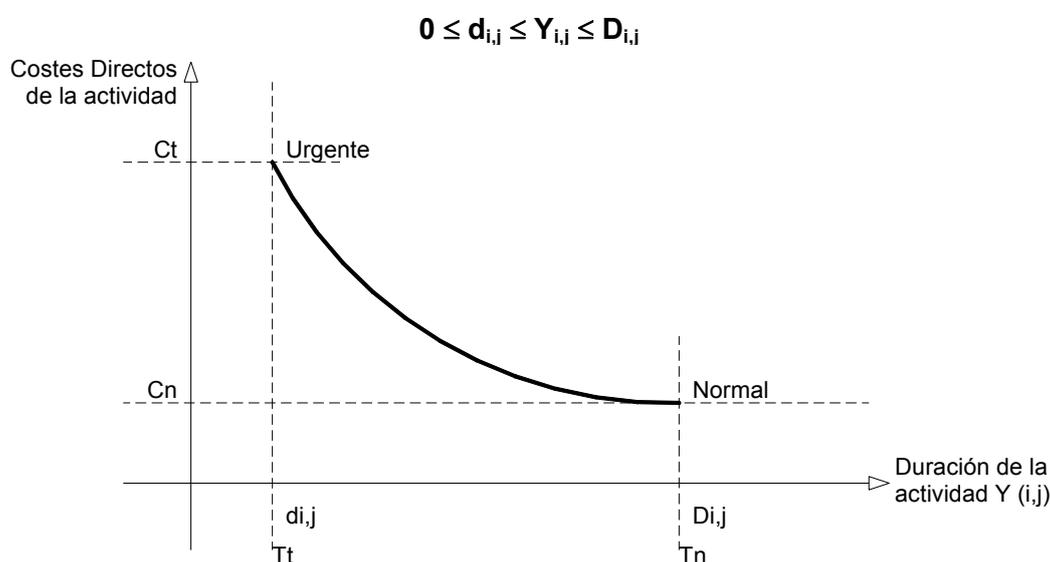
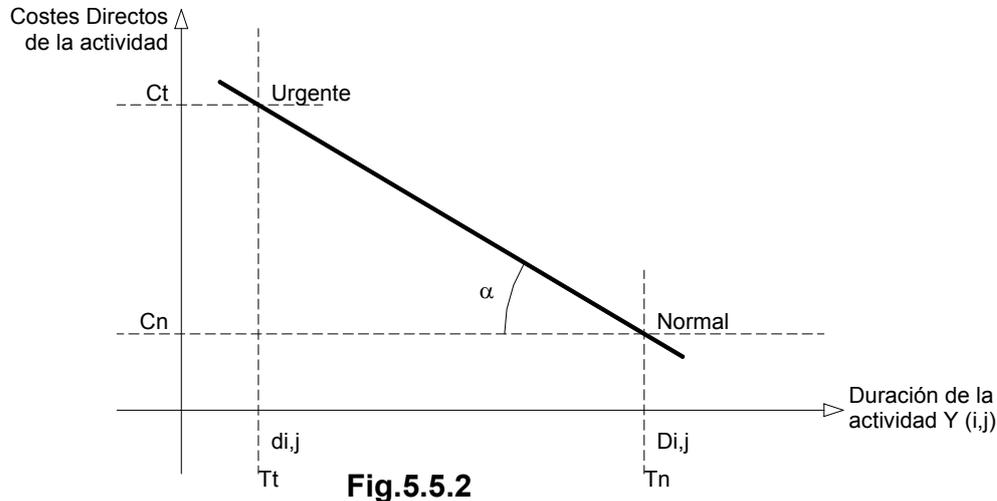


Fig.5.5.1

- Tn** = Tiempo normal.
- Tt** = Tiempo tope o acelerado
- Cn** = Coste normal
- Ct** = Coste tope o acelerado

Una vez asignada una duración a cada actividad, el proyecto tendrá un coste directo total que se calculará con la suma de los costes directos de cada actividad.

Muchas veces como **aproximación práctica** de la función de **coste directo** de la actividad (i, j) se toma un segmento rectilíneo según se muestra en la **Fig. 5.5.2**.



Los puntos límite indican las duraciones entre las que se puede realizar la actividad. Estos son:

- Punto de máxima duración (**Tn**), que corresponde con el mínimo coste directo (**Cn**).
- Punto de mínima duración (**Tt**), que corresponde con el máximo coste directo (**Ct**)

La variación unitaria **coste-tiempo** está determinada por la **pendiente de la recta**

$$\text{tg } \alpha = \text{coef} = \frac{C_T - C_N}{T_N - T_T}$$

Este valor servirá para establecer un criterio de **prioridad** al elegir la actividad en la que desde un punto de vista económico resulte más conveniente modificar su duración.

Lo que queremos saber es el incremento de coste / unidad de tiempo y este incremento lo obtendremos de la formula siguiente.

$$\Delta t = \frac{C_T - C_N}{T_N - T_T}$$

Para poder reducir el plazo final, necesito actuar sobre la ruta crítica. De entre las **actividades críticas** vemos cuál **se puede reducir** y de estas cuál **cuesta menos**, por unidad de tiempo.

5.5.4.2. COSTES INDIRECTOS

Coste que no se puede asignar a una unidad de obra concreta, sino que se imputan al conjunto total de la obra: medios auxiliares, mano de obra indirecta (jefe de obra, encargado de obra, listero).

Los costes indirectos aumentan con el tiempo en que se utilizan, y para establecerlos se pueden asimilar a la ecuación de una recta, en el que **x = tiempo de utilización**

$$y = a + bx$$

Donde **a** son los costes indirectos de **implantación o fijos**, como los enganches provisionales a la de servicios (energía, agua, teléfono).

Y **b** está en **función del tiempo de utilización**, como por ejemplo la mano de obra indirecta (jefes de obra, encargado, capataces, listeros, etc...) medios auxiliares alquilados. (Caseta de obra, almacenes, aseos, etc...).

5.5.4.3. COSTES TOTALES

Si los costes totales son la **suma** de los **costes directos e indirectos**, el objetivo debe ser minimizar los costes totales y por lo tanto la **programación óptima** será la que se realice en el plazo que haga **mínimos** los **costes totales**. La evolución de los costes directos, indirectos y totales se representa en la **Fig.5.5.3**.

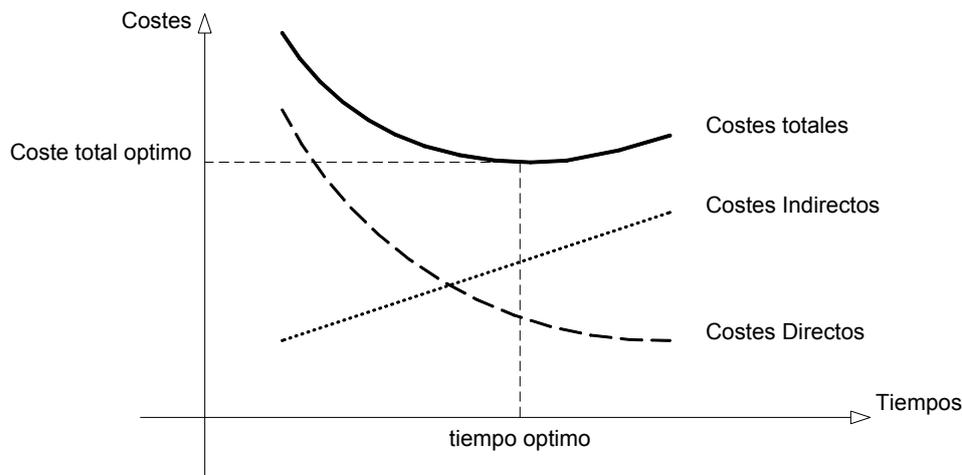


Fig.5.5.3

5.5.5. ALGORITMO DE ACKOFF Y SASIENI

Aunque se puede operar con los algoritmos del C.P.M., en la práctica se suele resolver este problema mediante algoritmos específicos, que resultan más sencillos de aplicar. Esto resulta muy práctico en proyectos descompuestos en un número no demasiado elevado de actividades y es debido a Ackoff y Sasieni³⁴, resultando un algoritmo heurístico muy sencillo de aplicar y, por tanto, el más utilizado.

³⁴ ACKOFF, R y SASIENI, M. (1971) “Fundamentos de la investigación de operaciones”. Limusa-Wiley. Capítulo 11.

5.5.6.1. EJEMPLO DE C.P.M.-COSTE

Para la programación de una obra tenemos las actividades con sus ligaduras, los tiempos normal y tope siguientes y sus correspondientes costes normal y tope.

ACT	T _n	T _t	C _n	C _t
A	20	10	600	630
B	25	18	300	314
C	9	4	200	220
D	12	10	150	160
E	30	26	500	504
F	15	13	704	720
		Σ	2.454	2.548

Las **ligaduras** entre las actividades son las indicadas a continuación:

A → C, D
 B, C → E
 D, E → F

Los **costes indirectos** están en función de: **C.I = 100 + 0,5 te**

Los **tiempos** son **semanas** y los **costes** miles de euros.

Deseamos realizar la programación con un **C.P.M.** y hallar el **coste normal**, **coste total tope** y el **coste total optimizado**.

Cálculos de los incrementos

$$\Delta t_A = \frac{630 - 600}{20 - 10} = 3$$

$$\Delta t_C = \frac{220 - 200}{9 - 4} = 4$$

$$\Delta t_E = \frac{504 - 500}{30 - 26} = 1$$

$$\Delta t_B = \frac{314 - 300}{25 - 18} = 2$$

$$\Delta t_D = \frac{160 - 150}{12 - 10} = 5$$

$$\Delta t_F = \frac{720 - 704}{15 - 13} = 8$$

Acortamientos sucesivos y selectivos del C.P.M. en la **Fig.5.5.4**.

Actúo sobre la actividad de la ruta crítica que menos aumente el coste:

1. Acorto las **4** fechas posibles en **E** por estar en la ruta crítica y ser la de incremento de coste directo mas barata. Realizo el nuevo C.P.M. y compruebo que se ha acortado a **70**.

$$\text{Incremento} = 4 \times 1 = 4$$

2. Acorto las **4** fechas en **A**. Solo acorto **4** fechas porque la actividad **B** pasa a ser **crítica**.

$$\text{Incremento} = 4 \times 3 = 12$$

3. Acorto las **6** fechas posibles de **A** y **6** fechas en **B**.

$$\text{Incremento} = 6 \times 3 + 6 \times 2 = 30$$

4. Acorto 1 fecha que queda en **B** y 1 fecha en **C**.

$$\text{Incremento} = 1 \times 2 + 1 \times 4 = 6$$

5. Acorto por ultimo las 2 fechas posibles de **F**.

$$\text{Incremento} = 2 \times 8 = 16$$

La suma de los incrementos de los costes directos por los acortamientos es de 68.

- **Coste normal** es la suma de los costes directos normales, más los costes indirectos para **74 días. (Tn)**

$$\text{Coste normal} = 2454 + 100 + 0,50 \times 74 = \mathbf{2591}$$

- **Coste total tope** se obtiene reduciendo al máximo todas las actividades, por lo que es la suma de los costes tope directos, más los costes indirectos para el número de días de tiempo tope, **57 días**.

$$\text{Coste total tope} = 2548 + 100 + 0,50 \times 57 = \mathbf{2676,50}$$

- **Coste total óptimo** se obtiene con acortamientos selectivos en las actividades. Se suman los costes normales directos, más los incrementos de los costes directos por los acortamientos de actividades, más los costes indirectos.

$$\text{Coste total optimizado} = 2454 + 68 + 100 + 0,50 \times 57 = \mathbf{2650,50}$$

Ahorro al realizar los acortamientos selectivos para realizar la obra en **57** semanas igual al tiempo tope.

$$\text{Coste total tope} - \text{coste total optimizado} = 2676,50 - 2650,50 = \mathbf{26.}$$

$$\text{Ahorro} = \mathbf{26.000 \text{ €}}$$

C.P.M. CON ACORTAMIENTOS

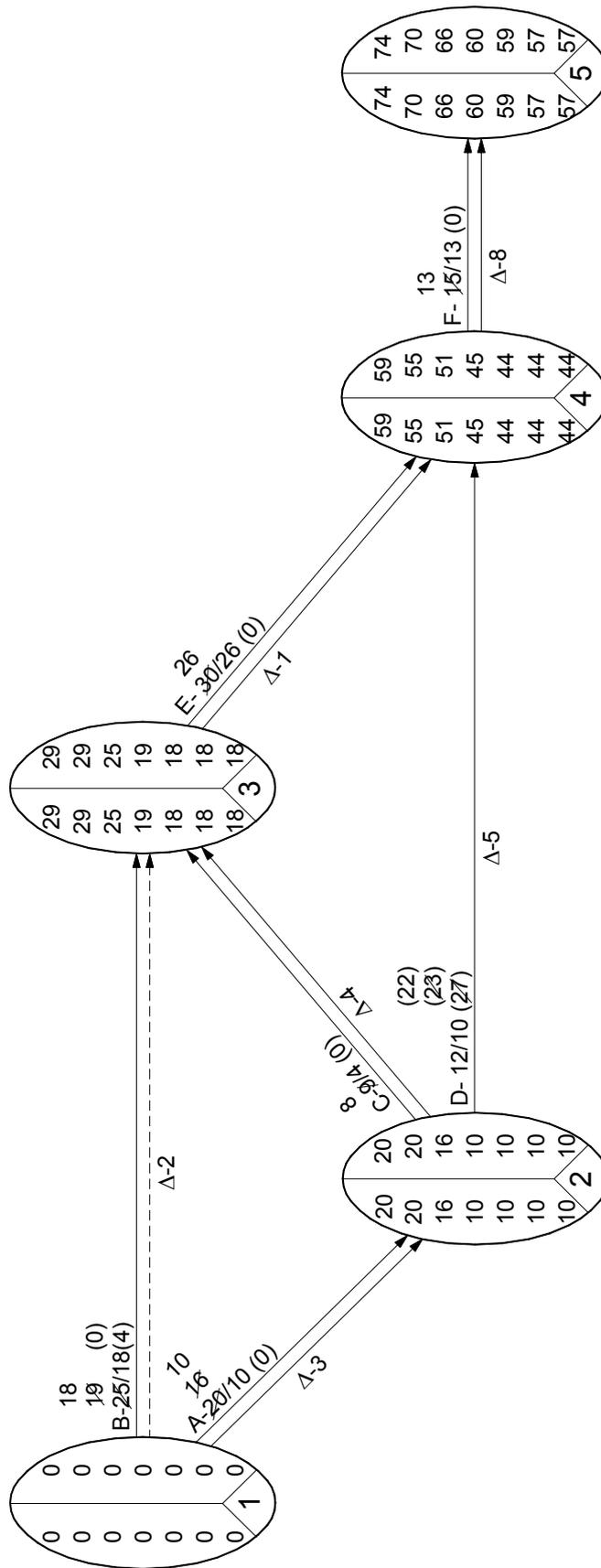


Fig.5.5.4

5.6. EL MÉTODO ROY

5.6.1. INTRODUCCIÓN

En el año 1960, el francés Bernard ROY presentó un método de programación que es muy similar al método de las flechas, que presenta algunas ventajas especialmente importantes en cuanto a la representación gráfica de las mallas. Este método se le conoce también como de **potenciales** y forma parte de los **métodos del camino crítico**.

5.6.2. ANÁLISIS DEL GRAFO

En el ROY, como en el PERT/C.P.M., el proyecto se descompone en una serie de **actividades** o tareas cuya realización está sometida a cierto número de condiciones o restricciones; pero a diferencia del PERT/C.P.M., en el ROY **los nudos** representan las tareas o **actividades** y los **arcos o flechas** representan las **restricciones**, o **ligaduras**.

Puede demostrarse fácilmente que para un proyecto dado el número de vértices y arcos del grafo ROY, (siempre que incluyamos las actividades comienzo y final), es siempre igual o mayor que el número de vértices y arcos del correspondiente grafo PERT, por lo que en ciertos proyectos, la estructura del grafo ROY puede resultar muy compleja con respecto a la del correspondiente grafo PERT/C.P.M.

5.6.3. DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS ENTRE EL MÉTODO ROY Y LOS MÉTODOS C.P.M./PERT

5.6.3.1. DIFERENCIAS

- En el C.P.M./PERT las **actividades** se representan en los **arcos** o flechas de la red y en los **nudos** o vértices los **sucesos**. En el ROY las **actividades** se reflejan en los **nudos** o vértices de la red y los arcos o flechas son únicamente sus ligaduras.
 - En el C.P.M./PERT son necesarias las **actividades ficticias** sin embargo en el ROY no es necesario por su sistema de ligaduras.
 - En el C.P.M./PERT es necesario **fraccionar** las tareas para recoger ligaduras distintas a las de **FINAL/COMIENZO**. El ROY por su estructura permite otro tipo de relaciones o ligaduras.
 - En el C.P.M./PERT la duración de la actividad representada en los arcos es la propia de la actividad o tarea. En el ROY la ligadura tiene un valor que nos indica el tiempo desde que empieza la actividad hasta que se puede empezar la siguiente.
 - En el C.P.M./PERT no puede haber arcos o flechas que representen actividades cuyo valor sea negativo, en el ROY puede haber arcos o flechas de valor negativo que representan las restricciones de posterioridad máxima y que nos producen bucles.
 - En el C.P.M./PERT las modificaciones son más complicadas porque es preciso hacer el gráfico antes de hacer el cálculo de los tiempos y holguras, sin embargo en el sistema ROY no es necesario.
 - En el C.P.M./PERT sólo puede haber una ligadura mientras que en el ROY puede haber varias. En el primer método no se puede reflejar que una actividad puede empezar antes que termine la antecedente, solo existe la ligadura final/ comienzo, sin embargo en el ROY si que se puede hacer esto y aun más se pueden hacer ligaduras de cuatro tipos; **comienzo/comienzo**, **final/comienzo**, **final/final**, **comienzo/final**, y sus correspondientes restricciones.
-

- El C.P.M./PERT ejecuta estudios esquemáticos sobre una información previa, el ROY permite un estudio más detallado de las ligaduras y por lo tanto es más adecuado para generar **programas de construcción**.
- En el C.P.M./PERT se necesita dibujar el gráfico para su elaboración, en el ROY no es necesario aunque si conviene para su mejor comprensión por personas no especializadas en la programación de las obras.

5.6.3.2. SEMEJANZAS

Esencialmente son métodos todos ellos que **pertenecen** a los llamados del **camino crítico**, por lo cual les son comunes entre otras características las siguientes:

- Han de tener una **sola entrada: suceso origen** en el C.P.M.-PERT, **actividades principio** en el ROY y una **sola salida: suceso final** en el C.P.M.-PERT, **Actividad final** en el ROY.
- La **criticidad** de las actividades **obedecen** a los **mismos principios** de cálculo y son esenciales en todos estos métodos.

5.6.4. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL MÉTODO ROY

- Se trata de un GRAFO ORIENTADO, con las condiciones establecidas para el C.P.M. y PERT.
- Las actividades vendrán representadas en los nudos.
- Las flechas únicamente nos indicarán las ligaduras entre dos actividades.
- Tendrá una sola actividad principio y una sola actividad final.
- Posibilidad de establecimiento de niveles que facilitan la construcción del gráfico.
- Los nudos se representan por un rectángulo cuyas casillas contienen los conceptos siguientes:

ACTIVIDAD		TIEMPO MÍNIMO
HOLGURA TOTAL	HOLGURA LIBRE	TIEMPO MÁXIMO

- La **duración** se colocará sobre las flechas, al lado de la actividad a la que pertenece.
- A veces usamos una representación para las actividades en las que la **duración está incluida** como la siguiente.

ACTIVIDAD		TIEMPO MÍNIMO
		DURACIÓN
HOLGURA TOTAL	HOLGURA LIBRE	TIEMPO MÁXIMO

5.6.5. ACTIVIDAD, TIEMPO MÍNIMO, TIEMPO MÁXIMO

5.6.5.1. ACTIVIDAD

Las actividades en que se divide el proyecto a programar son consecuencia de la planificación realizada.

Actividad, operación o tarea es el trabajo y medios necesarios para poder pasar de un acontecimiento al siguiente; exige consumo de tiempo y recursos (ejemplo: hacer la cimentación, el hormigonado de solera, vigas de la planta primera, etc...).

Existirá siempre una **actividad principio** que designaremos **P** y una **actividad final** designada por **F**.

La actividad comienzo del proyecto es aquella que posee la propiedad de no tener ninguna actividad que la preceda. Por tanto, del vértice que representa esta actividad salen arcos que llegan a todos los vértices que representan las actividades del proyecto que no tienen actividades precedentes.

La actividad final del proyecto es aquella que posee la propiedad de no tener ninguna actividad siguiente. Por tanto, al vértice que representa esta actividad llegan arcos que proceden de los vértices que representan actividades del proyecto que no tienen actividades siguientes.

5.6.5.2. DURACIÓN DE UNA ACTIVIDAD

Las **duraciones** de las actividades usadas en este método son de los tipos **deterministas** o calculados como en el C.P.M.

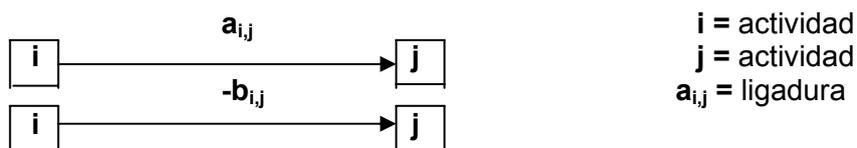
Las duraciones o tiempos no tienen exactamente el mismo significado en el ROY que en el PERT/C.P.M, ya que pueden indicar dos conceptos:

1. Que la actividad **j** no puede iniciarse hasta el tiempo $a_{i,j}$ (ligadura) después de terminar la actividad **i**.

$$t_j - t_i \geq a_{i,j}$$

2. Que la actividad **j** comienza como máximo un tiempo $b_{i,j}$ (ligadura) después de terminar la actividad **i**.

$$t_j - t_i \leq b_{i,j}$$



5.6.5.3. ACTIVIDADES CRÍTICAS

Son aquellas cuya **holgura total es cero** y fijan la duración total del proyecto, ya que cualquier demora en la realización de alguna de ellas retrasa forzosamente su terminación; ésta igualmente se puede acelerar, acelerando cualquiera de las actividades críticas.

5.6.5.4. TIEMPO MÍNIMO. T_E

El tiempo más corto, más próximo, más pronto o **mínimo** en el que puede alcanzarse un acontecimiento es igual a la suma de las duraciones de todas las actividades ($a_{i,j}$) necesarias para llegar a él por el camino más largo. El tiempo más corto nos da, en consecuencia, la fecha lo más pronto posible en que puede ocurrir el acontecimiento en cuestión.

De acuerdo con esta definición, se calcula sumando la duración de las actividades que permiten llegar al acontecimiento por el camino más largo y se le designa por T_E .

Para calcular el tiempo mínimo para alcanzar un acontecimiento, aplicamos la siguiente regla: dado el tiempo mínimo de cada acontecimiento precedente, sumamos el valor de la ligadura que los une, tomando de todos los valores posibles el mayor.

$$T_{E_j} = \text{MAYOR} \left| \begin{array}{l} T_{E_{i_1}} + a_{i_1,j} \\ T_{E_{i_2}} + a_{i_2,j} \end{array} \right.$$

El tiempo del **acontecimiento inicial** puede ser cualquiera pero casi siempre para simplificar se toma el **valor cero**.

5.6.5.5. TIEMPO MÁXIMO. T_L

El tiempo límite en que puede alcanzarse un acontecimiento es el tiempo **máximo** (más largo) que puede transcurrir para su realización; se calcula a partir del plazo final, y se denomina T_L . El tiempo límite o **máximo** nos da, por lo tanto, la fecha lo más tarde que puede ocurrir un acontecimiento para no retrasar el siguiente.

Se calcula para cada acontecimiento restando del plazo final la duración ($a_{i,j}$) de las actividades intermedias.

Generalmente, y de no indicarse expresamente lo contrario, el plazo final se suele tomar igual al tiempo más próximo T_E del acontecimiento final.

O sea que en el acontecimiento final $T_L = T_E$

Para calcular el tiempo límite o **máximo** (T_L) aplicamos la siguiente regla: para obtener el tiempo límite o **máximo** de un acontecimiento dado, se parte del tiempo más largo de cada uno de los acontecimientos inmediatos posteriores, restando el valor de la ligadura que los relacione y escogiendo el valor **menor** de los obtenidos.

$$T_{L_i} = \text{MENOR} \left| \begin{array}{l} T_{L_{j_1}} - a_{i,j_1} \\ T_{L_{j_2}} - a_{i,j_2} \end{array} \right.$$

5.6.6. RESTRICCIONES O LIGADURAS

Las ligaduras o **restricciones** pueden ser de **tres tipos**:

1. **POTENCIALES** (temporales): se refieren a los tiempos. Relacionan los tiempos de ejecución de unas y otras actividades internamente.

Tipos de restricciones potenciales:

- *Final – Comienzo F/C*: la actividad "b" no puede comenzar hasta que no haya finalizado la actividad "a".
- *Comienzo – Comienzo C/C*: la actividad "b" no puede comenzar hasta que no comience la actividad "a".
- *Final – Final F/F*: la actividad "b" no puede finalizar hasta que no haya finalizado la actividad "a".
- *Comienzo – Final C/F*: la actividad "b" no puede finalizar hasta que no haya comenzado la actividad "a".

Todas estas restricciones pueden tener un desfase "n" de tiempo.

2. **ACUMULATIVAS**: se producen cuando varias actividades coinciden total o parcialmente en el tiempo, y no hay recursos para satisfacer a todos a la vez.
3. **DISYUNTIVAS**: se producen cuando dos actividades coinciden total o parcialmente en el tiempo, y sólo disponemos de recursos para hacer una de ellas.

En los grafos ROY, las actividades se representan por cuadrados, círculos, etc. y son vértices, y las ligaduras, por medio de arcos o líneas.

Una vez conocidos los distintos tipos de restricciones nos ocuparemos de la resolución de las **disyuntivas**, para ello, introduciremos el concepto de RETRASO.

5.6.6.1. RETRASO

Es la diferencia entre el **tiempo final más temprano** en que puede terminar la primera actividad programada y el **comienzo más tardío** de la segunda actividad programada. Si el resultado de esta operación resulta:

- Positivo:** Se producirá un retraso en el proyecto de valor el resultado de dicha operación.
Nulo: No se producirá retraso.
Negativo: No sólo no se producirá retraso, si no que existirá una holgura de valor el resultado de dicha operación.

Autores como Mateos Perera definen hasta 49 tipos de restricciones, menos frecuentes.

NOTA: Al final, en el apartado de **ejemplos**, se realiza una aplicación para resolver una **restricción de tipo disyuntiva**.

5.6.7. HOLGURAS Y CAMINO CRÍTICO

5.6.7.1. HOLGURAS DE LAS ACTIVIDADES

La **holgura o margen total de una actividad** es la diferencia entre el **tiempo máximo** de la actividad en que termina la ligadura menos **el tiempo mínimo** de la actividad considerada, además de la duración de la misma, tomando el **menor de los valores**.

$$H_{T_i} = T_{L_j} - T_{E_i} - a_{i,j}$$

Otra forma de hallar la **holgura total** es: la **diferencia entre el tiempo máximo y el mínimo de cada actividad**, o sea el tiempo suplementario de que se dispone para una realización de la tarea.

$$H_T = T_L - T_E \text{ (de la propia actividad)}$$

Las **actividades críticas** se representan con **doble línea**.

La **holgura o margen libre** de cada actividad la calculamos considerando las distintas ligaduras que se originan en dicha actividad y hallando, para cada una de ellas, la diferencia entre los **tiempos mínimos** de la actividad siguiente y la propia actividad considerada, además de la duración de la misma; esta diferencia se calcula para cada valor de la ligadura. El **menor** de estos **valores** es la **holgura libre**.

$$H_{L_i} = T_{E_j} - T_{E_i} - a_{i,j}$$

5.6.7.2. RUTA CRÍTICA

Se denomina a la definida por las actividades críticas, es decir, aquellas cuyas **actividades tienen $H_T = 0$** . Y se llama así porque cualquier retraso que afecte a una de sus actividades afecta en el mismo tiempo al acontecimiento final.

Reconocemos el camino crítico porque:

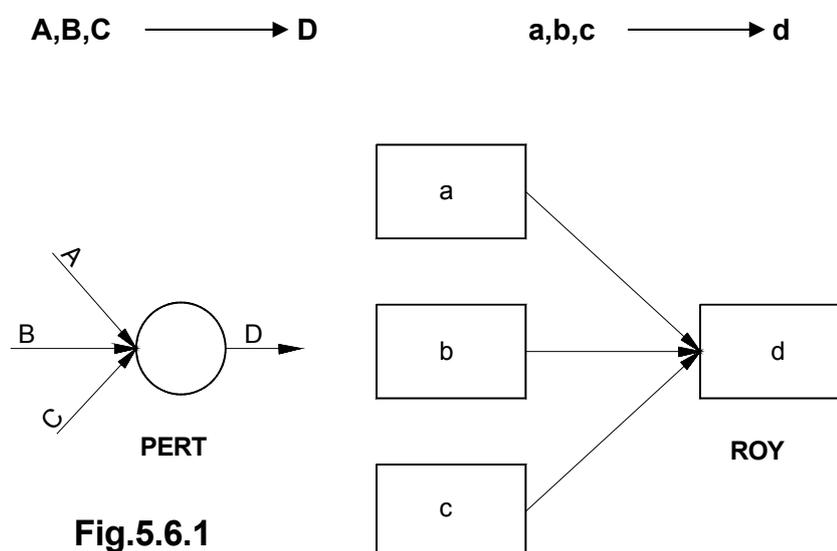
1. Es el camino de mayor duración.
2. Las **actividades** que pertenecen al camino crítico tienen el **tiempo mínimo y máximo iguales**.

El **camino crítico** se indica con una **doble línea uniando las actividades críticas que lo forman**.

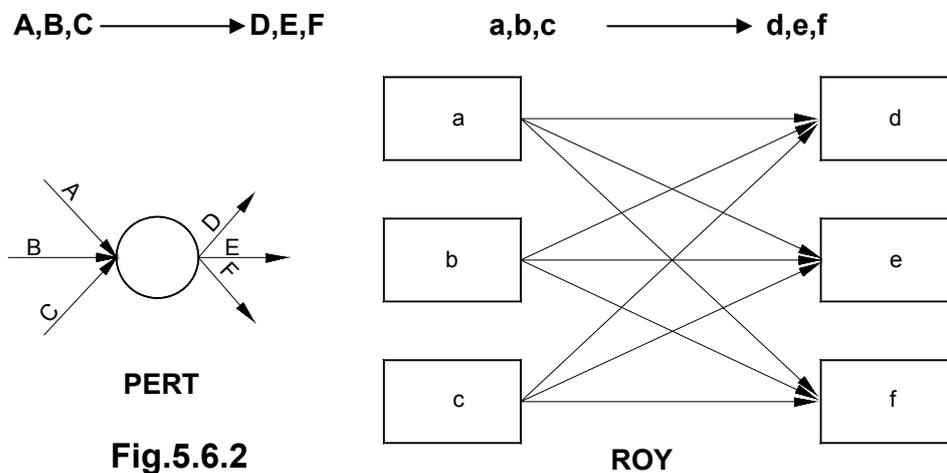
5.6.8. DIFERENTES TIPOS DE LIGADURAS REPRESENTADAS EN ROY Y SU EQUIVALENCIA EN PERT O C.P.M.

Vamos a estudiar seguidamente cómo podemos pasar a un grafo ROY los diferentes tipos de ligaduras del grafo PERT.

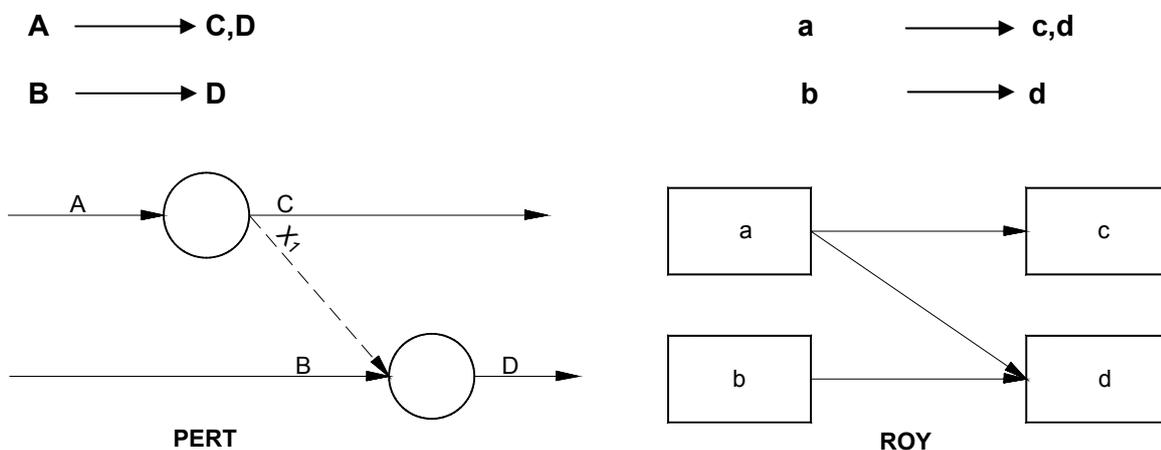
En la **Fig.5.6.1**, los arcos del grafo indican que las actividades “a”, “b” y “c” son anteriores a la actividad “d”; Es decir, para poder iniciar la ejecución de la actividad “d” es necesario que se hayan finalizado previamente las actividades “a”, “b” y “c”.



En la **Fig.5.6.2**, los arcos del grafo indican que las actividades “a”, “b” y “c” son anteriores a las actividades “d”, “e” y “f”; Es decir, para poder iniciar la ejecución de las actividades “d”, “e” y “f” es necesario que hayan finalizado previamente las actividades “a”, “b” y “c”.



En el caso representado en la **Fig.5.6.3**, los arcos que salen del vértice que representa la actividad “a” indican la ligadura que existe entre esta actividad y las actividades “c” y “d”; Por el contrario, el arco que sale del vértice que representa la actividad “b” indica la ligadura lineal que existe entre esta actividad y la actividad “d”; Es decir, para poder iniciar la ejecución de la actividad “d” es necesario que hayan finalizado previamente las actividades “a” y “b” y para poder iniciar la ejecución de la actividad “c” que haya finalizado previamente sólo la actividad “a”.



NOTA: Del análisis efectuado en la figura **Fig.5.6.3** se desprende que con el método de representación sugerido por **ROY no es necesaria** la inclusión en el grafo de **actividades ficticias**, como se ha mencionado anteriormente.

5.6.9. CONSTRUCCIÓN DEL GRAFO ROY

Una vez establecidos los principios básicos en que se basa la representación de actividades y sus correspondientes ligaduras, vamos a estudiar en este apartado la construcción del grafo **ROY** de un proyecto completo. Para ello comenzaremos por introducir, en el conjunto de actividades en que hemos descompuesto el proyecto, dos actividades adicionales: la **actividad comienzo** y **actividad final** del proyecto.

En efecto, en el ROY, con la introducción de estas actividades, se pretende cerrar el grafo, es decir, conseguir que exista un sólo vértice del que salgan, pero al que no lleguen arcos, y otro único vértice al que lleguen, pero del que no salgan arcos.

Conviene que se tenga en cuenta que, desde un punto de vista formal, estas dos actividades tienen un papel hasta cierto punto análogo al de los sucesos inicio y final del proyecto del método PERT y C.P.M..

5.6.10. EJEMPLO

Sean las **actividades** con sus **duraciones** y **ligaduras** que se relacionan a continuación:

LIGADURAS

A → C

B → D, E

DURACIONES

A-5; B-7; C-4; D-6; E-3.

Queremos realizar la programación por el método ROY

SOLUCIÓN:

Realizamos el gráfico ROY con sus ligaduras.

Hallamos el **tiempo mínimo** T_E de las distintas actividades. **Fig.5.6.4.**

Suponiendo que tanto el tiempo mínimo como la duración de la actividad comienzo es cero, el tiempo mínimo del resto de las actividades es:

Actividad “**a**”:

$$\text{Tiempo mínimo de P} + \text{Duración de P} = 0+0 = 0$$

Actividad “**b**”:

$$\text{Tiempo mínimo de P} + \text{Duración de P} = 0+0 = 0$$

Actividad “**c**”:

$$\text{Tiempo mínimo de a} + \text{Duración de a} = 0+5 = 5$$

Actividad “**d**”:

$$\text{Tiempo mínimo de b} + \text{Duración de b} = 0+7 = 7$$

Actividad “**e**”:

$$\text{Tiempo mínimo de b} + \text{Duración de b} = 0+7 = 7$$

Actividad “**F**”:

El mayor de	Tiempo mínimo de c + Duración de c = 5+4 = 9
	Tiempo mínimo de d + Duración de d = 7+6 = 13
	Tiempo mínimo de e + Duración de e = 7+3 = 10

tomando como **tiempo mínimo** de “**F**” =13, el mayor de los concurrentes

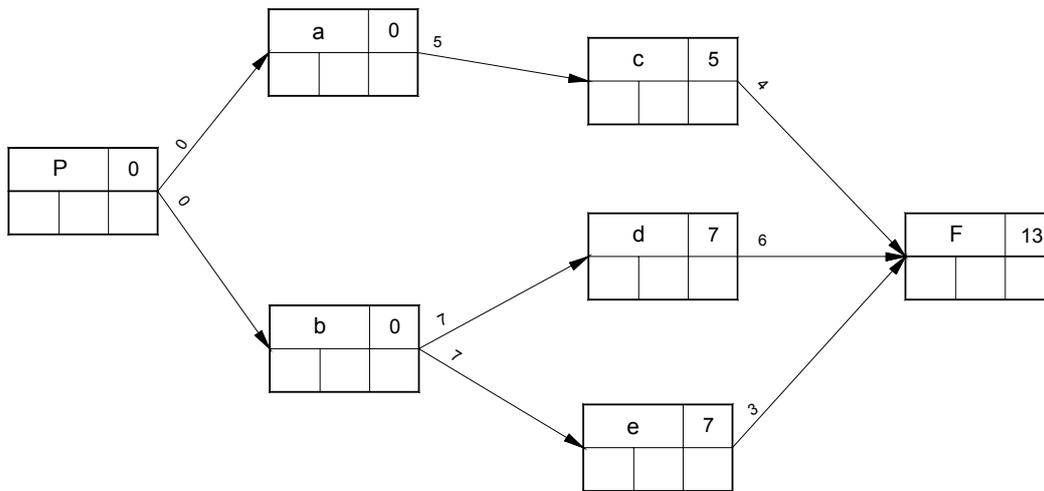


Fig.5.6.4

Hallamos el **tiempo máximo** T_L de las distintas actividades. **Fig.5.6.5.**

Partiendo de que el **tiempo máximo** de la actividad **final F** es **13**, igual al tiempo mínimo calculado, los tiempos máximos del resto de las actividades serán:

Actividad **“e”**:

$$\text{Tiempo máximo de F - Duración de e} = 13 - 3 = \mathbf{10}$$

Actividad **“d”**:

$$\text{Tiempo máximo de F - Duración de d} = 13 - 6 = \mathbf{7}$$

Actividad **“c”**:

$$\text{Tiempo máximo de F - Duración de c} = 13 - 4 = \mathbf{9}$$

Actividad **“b”**:

$$\text{El menor de } \left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo máximo de e - Duración de b} = 10 - 7 = \mathbf{3} \\ \text{Tiempo máximo de d - Duración de b} = 7 - 7 = \mathbf{0} \end{array} \right.$$

tomando como **tiempo máximo** de **“b”**=**0** el **menor** de los concurrentes.

Actividad **“a”**:

$$\text{Tiempo máximo de c - Duración de a} = 9 - 5 = \mathbf{4}$$

Actividad **“P”**:

$$\text{El menor de } \left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo máximo de a - Duración de P} = 4 - 0 = \mathbf{4} \\ \text{Tiempo máximo de b - Duración de P} = 0 - 0 = \mathbf{0} \end{array} \right.$$

tomando como **tiempo máximo** de **“P”**=**0** el menor de los concurrentes.

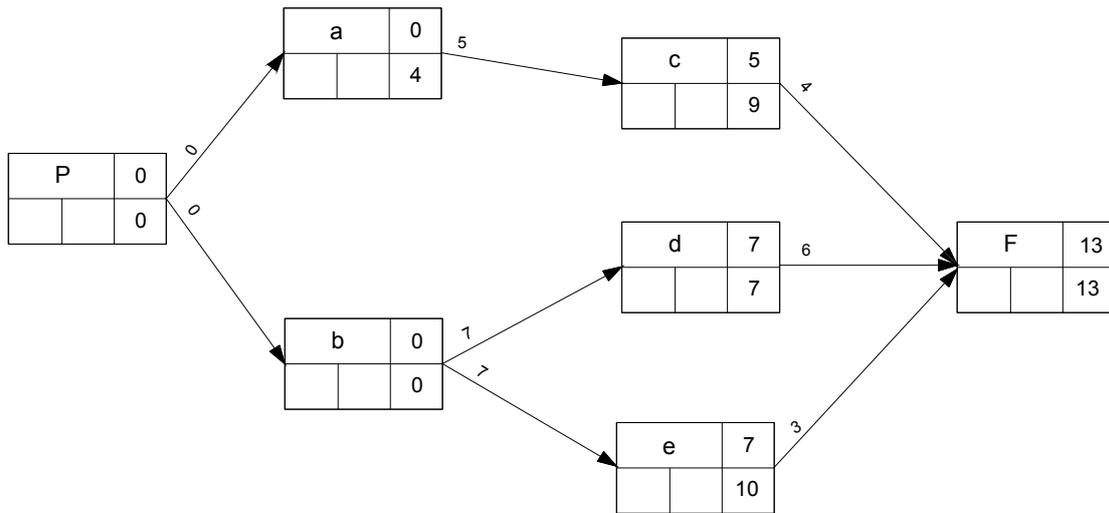


Fig.5.6.5

Hallamos la **holgura total** de las distintas actividades: **Fig.5.6.6**

$$\begin{array}{l} \text{Actividad "P":} \\ \text{La menor de} \end{array} \left| \begin{array}{l} T_{L_a} - T_{E_p} - \text{Duración de P} = 4-0-0 = 4 \\ T_{L_b} - T_{E_p} - \text{Duración de P} = 0-0-0 = 0 \end{array} \right.$$

Tomamos como holgura total de "P" = 0, la menor de las concurrentes.

Actividad "a":

$$T_{L_c} - T_{E_a} - \text{Duración de a} = 9-0-5 = 4$$

$$\begin{array}{l} \text{Actividad "b":} \\ \text{La menor de} \end{array} \left| \begin{array}{l} T_{L_d} - T_{E_b} - \text{Duración de b} = 7-0-7 = 0 \\ T_{L_e} - T_{E_b} - \text{Duración de b} = 10-7-7 = 3 \end{array} \right.$$

tomando como holgura total de "b"=0 la menor de las concurrentes.

Actividad "c":

$$T_{L_F} - T_{E_c} - \text{Duración de c} = 13-5-4 = 4$$

Actividad "d":

$$T_{L_F} - T_{E_d} - \text{Duración de d} = 13-7-6 = 0$$

Actividad "e":

$$T_{L_F} - T_{E_e} - \text{Duración de e} = 13-7-3 = 3$$

Actividad "F":

$$T_{L_F} - T_{E_F} = 13-13 = 0$$

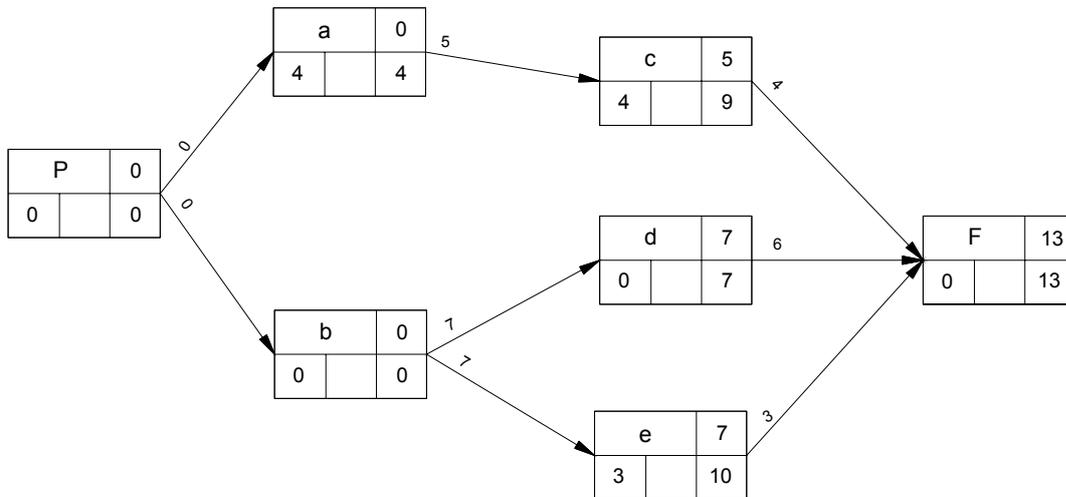


Fig.5.6.6

NOTA: Podemos comprobar que las holguras totales de cada actividad son igual a la diferencia entre el tiempo máximo T_L y el tiempo mínimo T_E , lo cual agiliza mucho los cálculos y por lo tanto será el utilizado habitualmente.

Hallamos la **holgura libre** de las distintas actividades: **Fig.5.6.7**

Actividad **“P”**:

$$\text{La menor de } \begin{cases} T_{E_a} - T_{E_P} - \text{Duración de P} = 0-0-0 = 0 \\ T_{E_b} - T_{E_P} - \text{Duración de P} = 0-0-0 = 0 \end{cases}$$

tomando como **holgura libre** de **“P”=0** el menor de los concurrentes, aunque en este caso sea el mismo valor.

Actividad **“a”**:

$$T_{E_c} - T_{E_a} - \text{Duración de a} = 5-0-5 = 0$$

Actividad **“b”**:

$$\text{La menor de } \begin{cases} T_{E_d} - T_{E_b} - \text{Duración de b} = 7-0-7 = 0 \\ T_{E_e} - T_{E_b} - \text{Duración de b} = 7-0-7 = 0 \end{cases}$$

tomando como **holgura libre** de **“b”=0** el menor de los concurrentes.

Actividad **“c”**:

$$T_{E_F} - T_{E_c} - \text{Duración de c} = 13-5-4 = 4$$

Actividad **“d”**:

$$T_{E_F} - T_{E_d} - \text{Duración de d} = 13-7-6 = 0$$

Actividad “e”:

$$T_{E_f} - T_{E_e} - \text{Duración de e} = 13 - 7 - 3 = 3$$

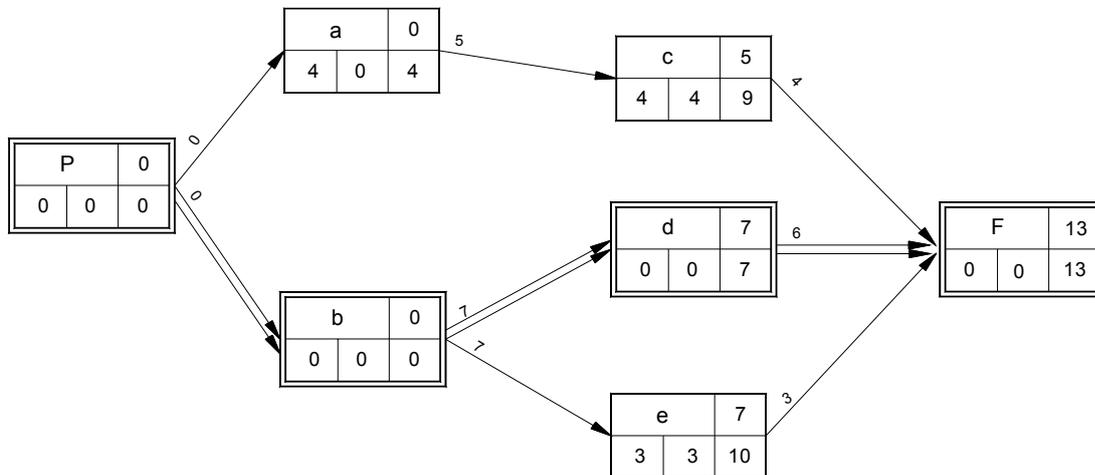


Fig.5.6.7

RUTA CRÍTICA ⇒ P – b – d - F

Reconocemos el camino crítico porque:

- La H_T de las actividades que lo forman es cero.
- Es el camino de mayor duración.
- Las actividades que pertenecen al camino crítico tienen el **tiempo máximo** T_L igual al **Tiempo mínimo** T_E .

5.6.11. EJEMPLO DE GRAFICO ROY Y C.P.M. CON ESTABLECIMIENTO DE LOS NIVELES DE LAS ACTIVIDADES

En este apartado determinaremos los **distintos niveles** de las **actividades** que componen un proyecto, cuyas **ligaduras** y **duraciones** conocemos. Realizando por último el **ROY** y **C.P.M.** correspondiente.

Ligaduras	Duraciones	
a → c, d, e	a - 5	d - 15
b → e	b - 10	e - 20
c → g	c - 10	g - 10

ESTABLECIMIENTO DE LOS NIVELES

1º) Operación:

Ordenaremos las actividades en el cuadro, dando la condición de precedentes a las actividades dispuestas horizontalmente y a la de siguientes a las colocadas en vertical, **Cuadro N°.1**, y marcaremos con un **1** las ligaduras previstas.

Actividades precedentes															
Actividades siguientes		a	b	c	d	e	g	Filas				Niveles			
								1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°
	a														
	b														
	c														
	d														
	e														
g															

CUADRO N°.1

2ª) Operación:

En la primera columna de “Filas” escribiremos la suma horizontal de todos los “1” anotados. Realizando así el primer sumatorio, **Cuadro N°.2**. Todas las filas que su sumatorio **resulten cero** significan que esas actividades se deberán colocar en el **primer nivel**.

							Σ Filas				Niveles			
	a	b	c	d	e	g	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°
a							0				a			
b							0				b			
c	1						1							
d	1						1							
e	1	1					2							
g			1				1							

CUADRO N°.2

3ª) Operación:

Seguidamente anulamos las columnas que correspondan a las actividades “a” y “b”, situadas en el **primer Nivel**, **Cuadro N°.3**, esta anulación la realizamos circunscribiendo un círculo al 1 correspondiente.

De nuevo realizamos la suma de las filas cuyo sumatorio anterior no haya resultado ser cero (sin tener en cuenta los valores anulados) para obtener así las actividades que pertenecen al **segundo Nivel**, en nuestro ejemplo “c”, “d” y “e”, cuyo segundo sumatorio ha resultado ser **cero**.

Anularemos las columnas que correspondan al segundo Nivel y volveremos a repetir reiteradamente el proceso de sumar y anular hasta completar todos los niveles posibles. La actividad “g” pasará a formar parte del tercer o último Nivel.

	a	b	c	d	e	g	Σ Filas				Niveles			
							1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°
a							0				a			
b							0				b			
c	①						1	0				c		
d	①						1	0				d		
e	①	①					2	0				e		
g			1				1	1	0				g	

CUADRO N°.3

Representación gráfica de los distintos niveles

Una vez determinados los distintos niveles el paso siguiente es la representación de la ordenación de niveles. **Fig.5.6.8.**

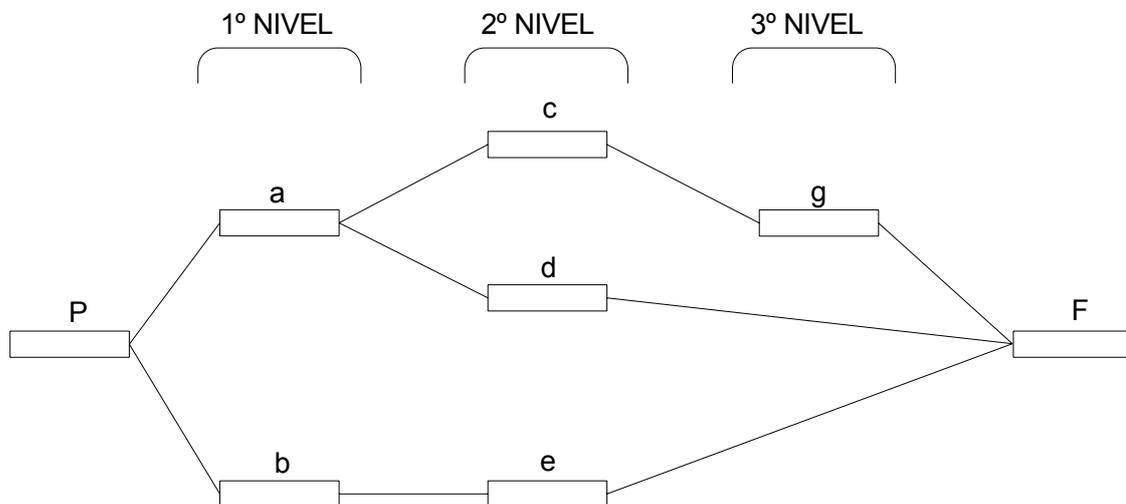
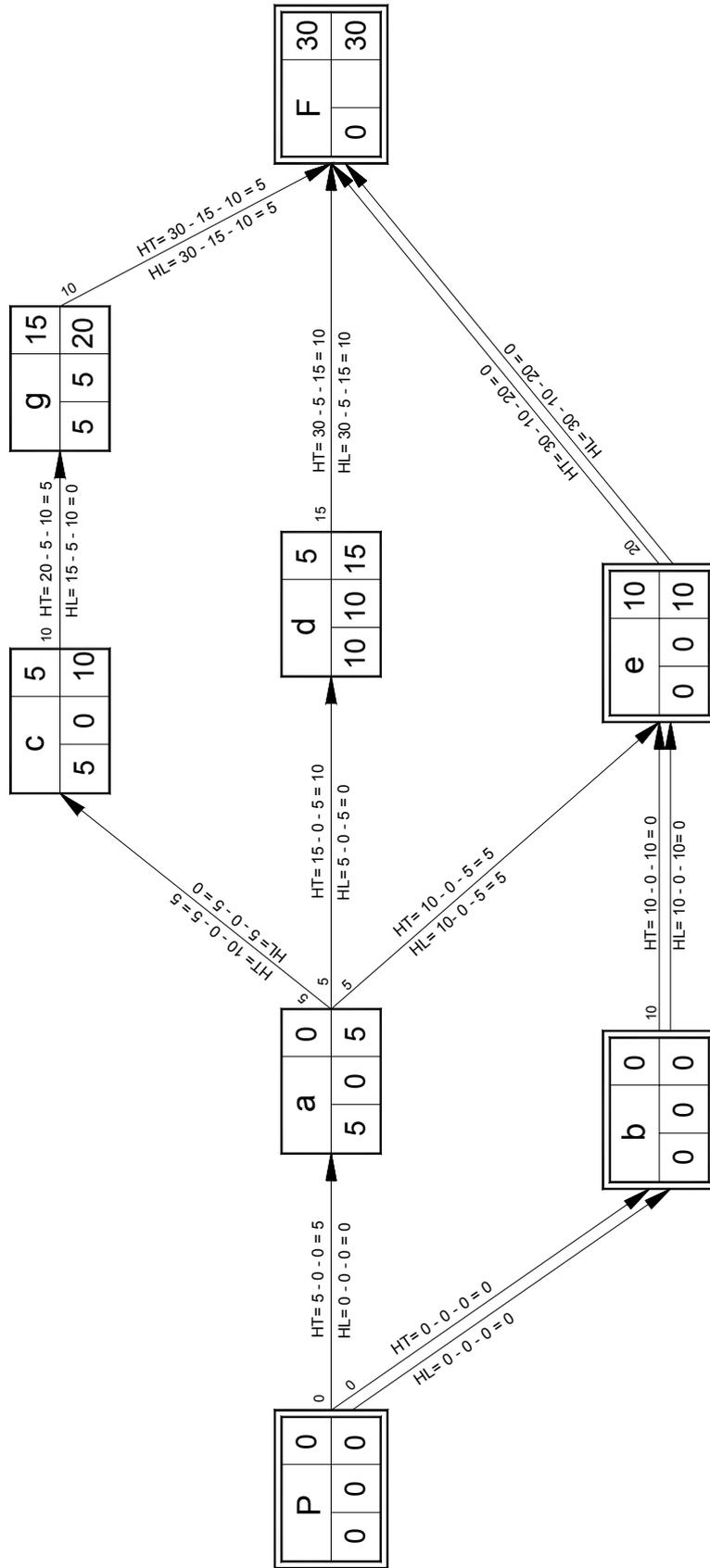


Fig.5.6.8

Este gráfico nos permite **resituar** las actividades dentro del mismo nivel para **evitar cruces de ligaduras** (si es posible).

A continuación, pasamos a dibujar la red ROY; y calcular sus tiempos y holguras **Fig.5.6.9.**

GRAFICO ROY



RUTA CRITICA: P - b - e - F

Fig.5.6.9

En el sistema **C.P.M**, la red quedaría del siguiente modo: **Fig.5.6.10**.

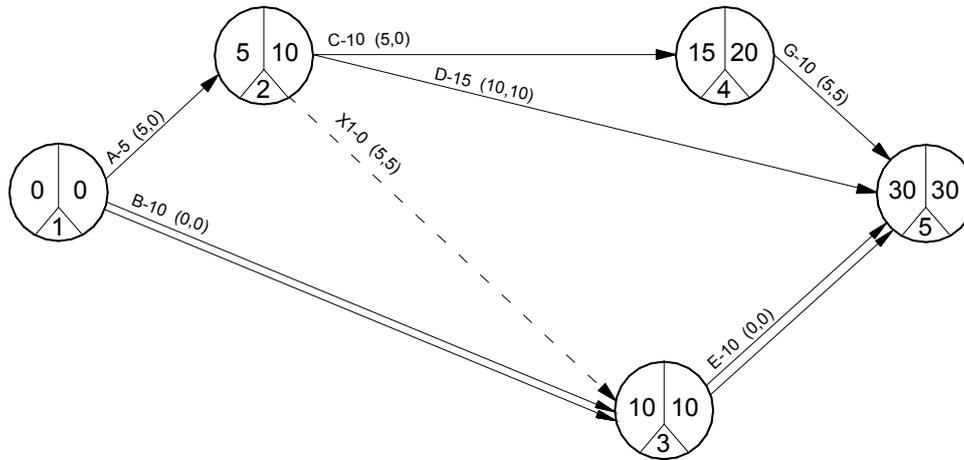


Fig.5.6.10

La **ruta crítica** deberá ser la **misma** en el **ROY** y en el **C.P.M**.

Las holguras de alguna actividad pueden no coincidir en el caso en que el **C.P.M** tenga actividades ficticias.

5.6.12. EJEMPLO DE BÚSQUEDA DEL MÍNIMO RETRASO ANTE UNA RESTRICCIÓN DISYUNTIVA

Sea un proyecto, cuyas **actividades**, con sus **ligaduras** y **duraciones** es el siguiente:

Ligaduras	Duraciones		
a → c	a - 5	b - 7	c - 4
b → d, e	d - 6	e - 3	

Supongamos que las actividades “a” y “b” necesitan del **mismo recurso** y éste no puede satisfacer a las dos simultáneamente. Nuestro grafo **ROY** sin considerar la disyunción sería: **Fig.5.6.11**.

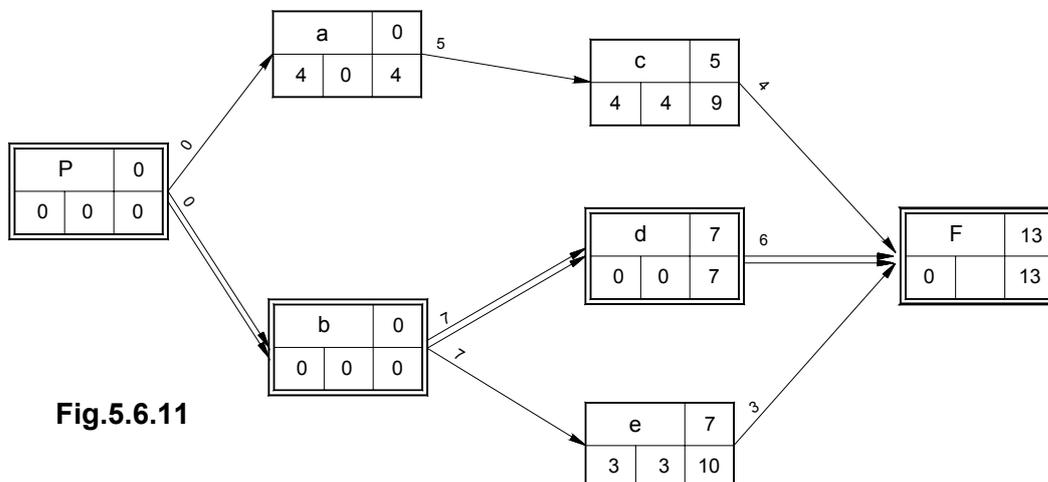


Fig.5.6.11

Como las actividades “a” y “b” precisan de los mismos recursos y no se pueden realizar a la vez, realizaremos dos suposiciones:

1ª. Suposición: Programamos “a” primero y a continuación “b”.

a → b y aplicamos la fórmula del **retraso** = Final más temprano de la primera actividad menos comienzo más tardío de la segunda actividad.

$$R = (0+5) - (7-7) = 5-0 = 5 \Rightarrow \text{Fechas de retraso}$$

2ª. Suposición: Programamos “b” primero y a continuación “a”.

b → a y aplicamos la fórmula del retraso.

$$R = (0+7) - (9-5) = 7-4 = 3 \Rightarrow \text{Fechas de retraso}$$

Por lo tanto tomaremos la **2ª suposición**, **b → a**, que nos produce un menor retraso:

- a → c
- b → d, e
- b → a

Realizamos el **nuevo ROY**, resuelta la disyunción. **Fig.5.6.12**

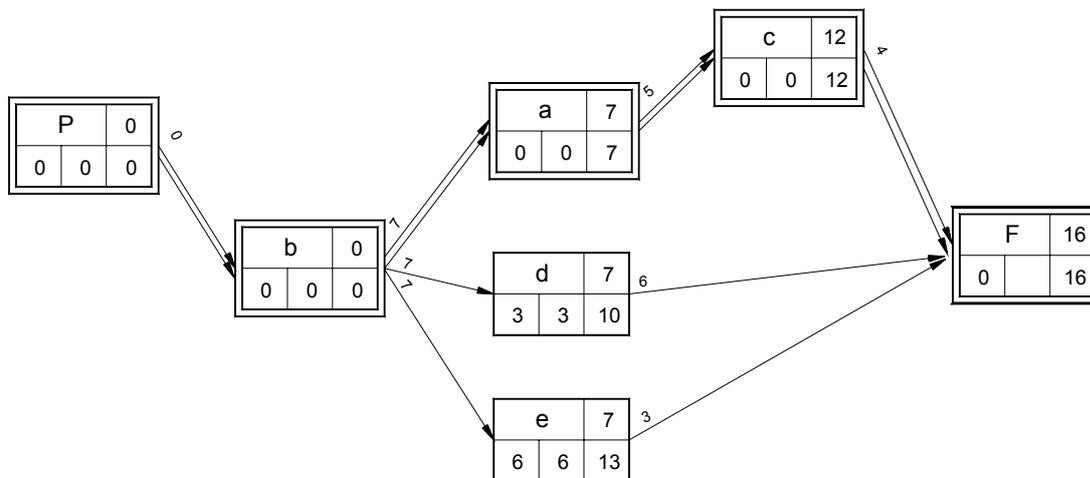


Fig.5.6.12

NOTA: El plazo final se **ha retrasado 3 fechas** $16-13 = 3$; como habíamos calculado.

5.7. SISTEMA DE PRECEDENCIAS

5.7.1. INTRODUCCIÓN

Ideado por IBM, utilizado en programación informática. Pertenece al capítulo de los **grafos orientados**. En el **sistema de precedencias** la **actividad está situada en el nudo**.

La flexibilidad del sistema de precedencias para **recoger la planificación** del proyecto, su fácil aplicación al programa de construcción, su **eficacia de cálculo**, tanto si este se hace a mano o por **ordenador**, y su posibilidad de incluir una variedad de extensiones al programa de obra, son útiles para la programación de proyectos de construcción.

5.7.2. ANÁLISIS DEL MÉTODO DEL SISTEMA DE PRECEDENCIAS

- El modelo consta de unas reglas de representación de actividades, con sus relaciones y duraciones, basadas en la teoría de grafos, de una metodología de representación de datos, cálculos, resultados y rutinas de cálculo **basadas en algoritmos matemáticos de tipo iterativo**.
- Es un **modelo más complejo** dado que permite manejar las cuatro posibles formas de **relación** entre actividades que son:
 - **Final-Comienzo**
 - **Comienzo-Comienzo**
 - **Final-Final**
 - **Comienzo-Final**. (apenas se usa)
- Es otro modelo matemático de programación y, a semejanza del PERT, C.P.M. y ROY, ofrece una serie de planes alternativos, suele complementarse con algún sistema gráfico a efectos de representación.
- **No usamos actividades ficticias**.

5.7.2.1. DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS ENTRE EL SISTEMA DE PRECEDENCIAS Y EL PERT / C.P.M.

DIFERENCIAS:

- En el sistema de precedencias **las actividades** se representan en los **nudos**, y en el PERT o C.P.M. son las flechas, o arcos.
 - El **sistema de precedencias** puede **no tener una sola entrada origen y una sola salida final**, pueden ser una o varias.
 - En el **sistema de precedencias** las **flechas no representan actividades**, su presencia indica tan solo la relación entre las actividades que conecta.
 - El **Sistema de Precedencias** usa **tiempos determinísticos** como el C.P.M. a diferencia del PERT que los usa aleatorios.
 - En el **PERT o C.P.M.** pueden ser necesarias **las actividades ficticias**, para conservar las relaciones de precedencias y en el **Sistema de Precedencias no**.
-

SEMEJANZAS:

- El **sistema de precedencias** maneja los **cuatro tipos de tiempos**; es decir los tiempos más tempranos y más tardíos para comenzar y para terminar de forma análoga a como se hace en el C.P.M./PERT.
- Las **holguras se calculan de forma similar**, pero dado el tipo de ligaduras del **Sistema de Precedencias** la **criticidad** de las actividades y sobre todo de las rutas **se hace más imprecisa**.

5.7.2.2. SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS ENTRE EL SISTEMA DE PRECEDENCIAS Y EL ROY

SEMEJANZAS:

- Los dos métodos usan **tiempos determinísticos**.
- Las **actividades se representan en los vértices**.
- **Las flechas solo indican la ligadura**.
- **No hay actividades ficticias**.

DIFERENCIAS:

- El **Sistema de Precedencias** puede tener **varias actividades principio y varias actividades finales**. En el ROY una sola actividad principio y una sola actividad final.
- El ROY tiene su **criticidad perfectamente definida**; el **Sistema de Precedencias no**.

5.7.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA

5.7.3.1. REPRESENTACIÓN DE LAS ACTIVIDADES EN LOS NUDOS

La representación en los nudos de las actividades se hará según lo indicado en la Fig. 5.7.1.

Ec	DURACIÓN	Ef
Pc	ACTIVIDAD	Pf
Lc	CÓDIGO	Lf

Fig.5.7.1.

- E_c**: Tiempo más temprano de comienzo
E_f: Tiempo más temprano de terminación
L_c: Tiempo más tardío de comienzo
L_f: Tiempo más tardío de terminación
P_c: Tiempo impuesto de comienzo
P_f: Tiempo impuesto de terminación
-

- **CÓDIGO** Identificación numérica de la actividad, no se utilizarán generalmente números correlativos, serán de cinco en cinco o de diez en diez, facilitando así la incorporación de nuevas actividades.
- **ACTIVIDAD.** Se define de forma abreviada la actividad ej; Movimiento de tierras
⇒ **Movim. Tierras.**
- **DURACIÓN** tiempo necesario para ejecutar una actividad.

5.7.3.2. ZONAS IDENTIFICATIVAS DE LOS NUDOS

Un esquema de lo que significa cada zona del nudo sería el de la **Fig. 5.7.2.**

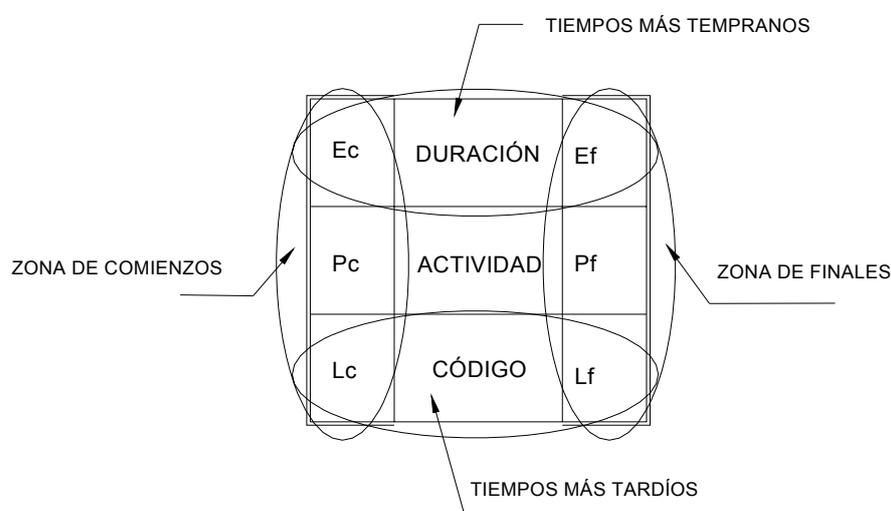


Fig.5.7.2

5.7.3.3. LÍNEAS O ARCOS

Las **líneas o arcos** relacionan las actividades con sus **ligaduras o restricciones**, es un vínculo de unión entre estas.

Encima de la línea y cerca de la actividad precedente colocaremos la **demora n** si procede.

Los arcos que partan o lleguen de la zona de comienzos relacionará el comienzo de esa actividad con el final o el comienzo de otra actividad y lo mismo sucederá con la zona de finales.

Las **zonas de comienzo y finales** están indicadas con **doble línea** en la **Fig. 5.7.3.**

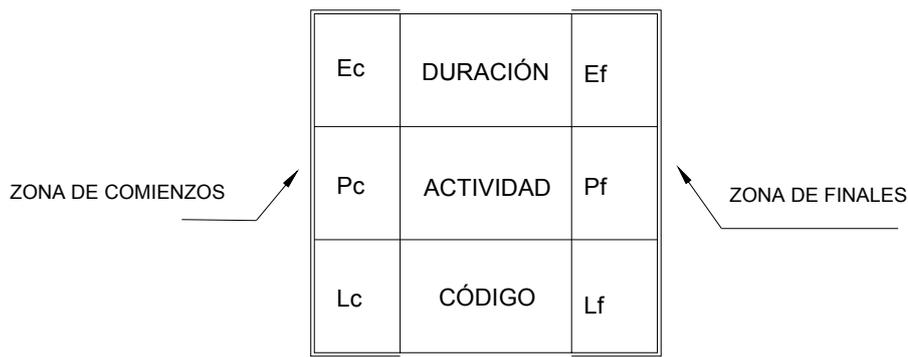


Fig. 5.7.3.

5.7.4. RELACIÓN ENTRE LAS ACTIVIDADES PRECEDENTES Y SIGUIENTES

5.7.4.1. RELACIÓN FINAL-COMIENZO \Rightarrow F/C

Esta es la ligadura más común.

- **Sin demora:** La actividad **B** no puede comenzar hasta que finalice la actividad **A**. $n = 0$
- **Con demora n :** La actividad **B** no puede comenzar hasta que hayan transcurrido n periodos de tiempo desde que finaliza la actividad **A**. $n > 0$

Representada en la Fig. 5.7.4.

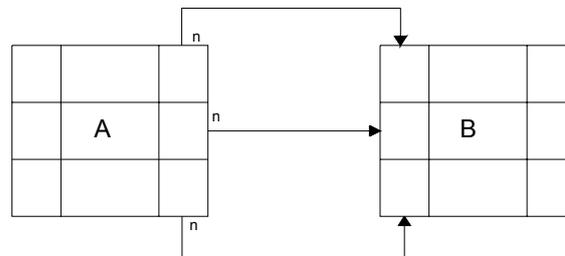


Fig. 5.7.4.

NOTA: Cualquiera de los tres arcos cumple la relación F/C.

5.7.4.2. RELACIÓN COMIENZO-COMIENZO \Rightarrow C/C

- **Sin demora:** El comienzo de la actividad **B** no puede suceder antes del comienzo de la **A**. $n = 0$
- **Con demora n :** La actividad **B** no puede comenzar hasta que hayan transcurrido n periodos de tiempo desde que comienza **A**. $n > 0$

Representada en la Fig. 5.7.5.

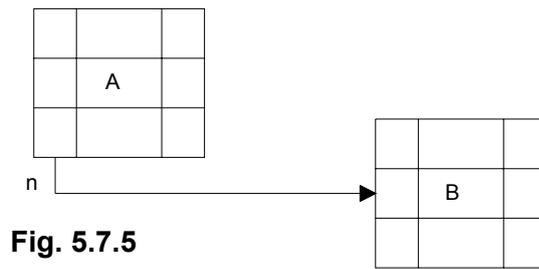


Fig. 5.7.5

5.7.4.3. RELACIÓN FINAL-FINAL \Rightarrow F/F

- **Sin demora:** La actividad **B** no puede finalizar antes de que finalice la **A**. $n = 0$
- **Con demora n:** La actividad **B** no puede finalizar hasta que hayan transcurrido **n** periodos de tiempo de la finalización de la actividad **A**. $n > 0$

Representada en la Fig. 5.7.6.

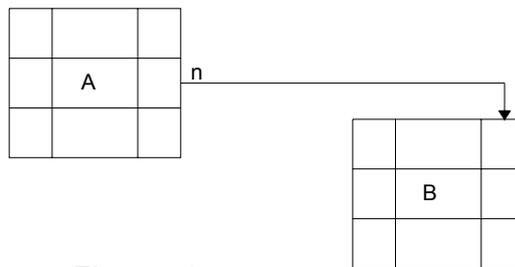


Fig. 5.7.6.

5.7.4.4. RELACIÓN COMIENZO-FINAL \Rightarrow C/F

Es la menos común de las relaciones utilizadas en la programación de obra.

- **Sin demora:** El final de actividad **B** no puede ocurrir antes del comienzo de la actividad **A**. $n = 0$
- **Con demora n:** El final de la actividad **B** no puede ocurrir, antes de que hayan transcurrido **n** periodos de tiempo desde el comienzo de la actividad **A**. $n > 0$.

Representada en la Fig. 5.7.7.

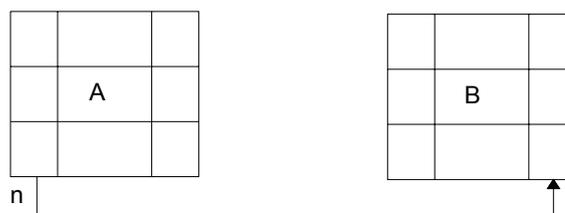


Fig. 5.7.7.

5.7.5. LA CONSTRUCCIÓN DE UN GRÁFICO DEL SISTEMA DE PRECEDENCIAS

Una vez **realizada la planificación** de las **actividades** del proyecto que tenemos que programar, **con las ligaduras** que entre dichas actividades existen, procedemos a **realizar el gráfico** que **recoja fielmente** dichas **ligaduras y precedencias**.

5.7.5.1. TABLA DE LAS ACTIVIDADES CON SUS LIGADURAS

EJEMPLO Nº 1:

Tenemos unas actividades cuya duración y ligaduras son los del **cuadro Nº. 1**.

Actividad	Codigo	Duración	Actividad Precedente	Tipo de Ligadura	Demora n
A	5	6	-	-	-
B	10	3	-	-	-
C	15	9	-	-	-
D	20	5	A,B	F/C	0
E	25	4	C	F/C	0
F	30	10	D,E	F/C	0

Cuadro Nº.1

5.7.5.2. CONSTRUCCIÓN DEL GRAFICO Y SUS LIGADURAS

Se identifican las actividades iniciales y se continúa siguiendo las relaciones o ligaduras que marcan la secuencia de ejecución de las actividades. Si existen fechas impuestas, se reflejan en la actividad correspondiente. **Fig. 5.7.8.**

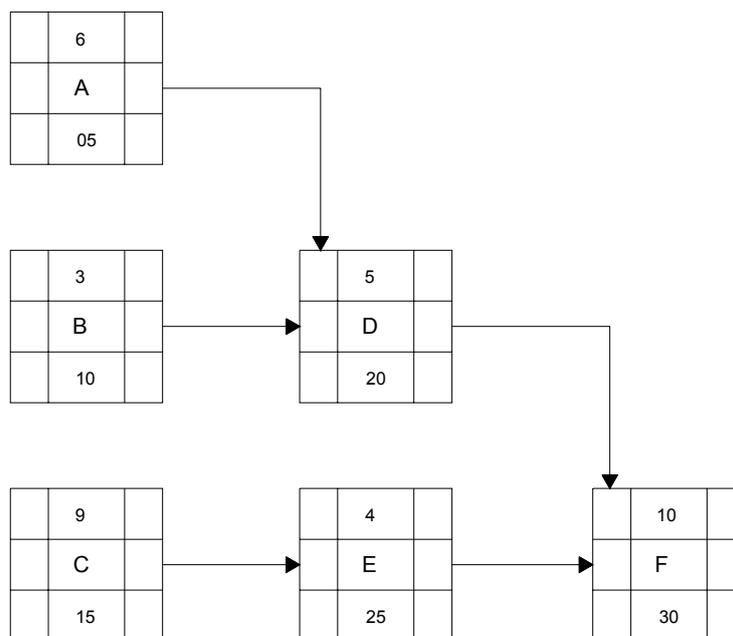


Fig.5.7.8

5.7.5.3. CÁLCULO DE LOS TIEMPOS MÁS TEMPRANOS PARA COMENZAR Y FINALIZAR LA ACTIVIDAD

Para las actividades de comienzo o iniciales tomamos como tiempos más temprano de comienzo el **0**, salvo que hubiera alguna indicación en contrario. Las actividades en este caso son la **A, B y C**. Representado en el **cuadro N° 2**.

ACTIVIDAD	DURACIÓN	TIEMPO MÁS TEMPRANO DE COMIENZO (Ec)	TIEMPO MÁS TEMPRANO DE FINAL (Ef)
A	6	0	$E_c + DURACIÓN = 0 + 6 = 6$
B	3	0	$E_c + DURACIÓN = 0 + 3 = 3$
C	9	0	$E_c + DURACIÓN = 0 + 9 = 9$
D	5	Ef de A=6 ; Ef de B=3; el mayor=6	$E_c + DURACIÓN = 6 + 5 = 11$
E	4	Ef de C= 9	$E_c + DURACIÓN = 9 + 4 = 13$
F	10	Ef de D=11 ; Ef de E=13; el mayor=13	$E_c + DURACIÓN = 13 + 10 = 23$

Cuadro N°2

NOTA: En los tiempos más tempranos de cada actividad, si hay dos o más concurrentes se tomará **el mayor**.

Los tiempos más tempranos calculados se colocan en el gráfico de la **Fig. 5.7.9**.

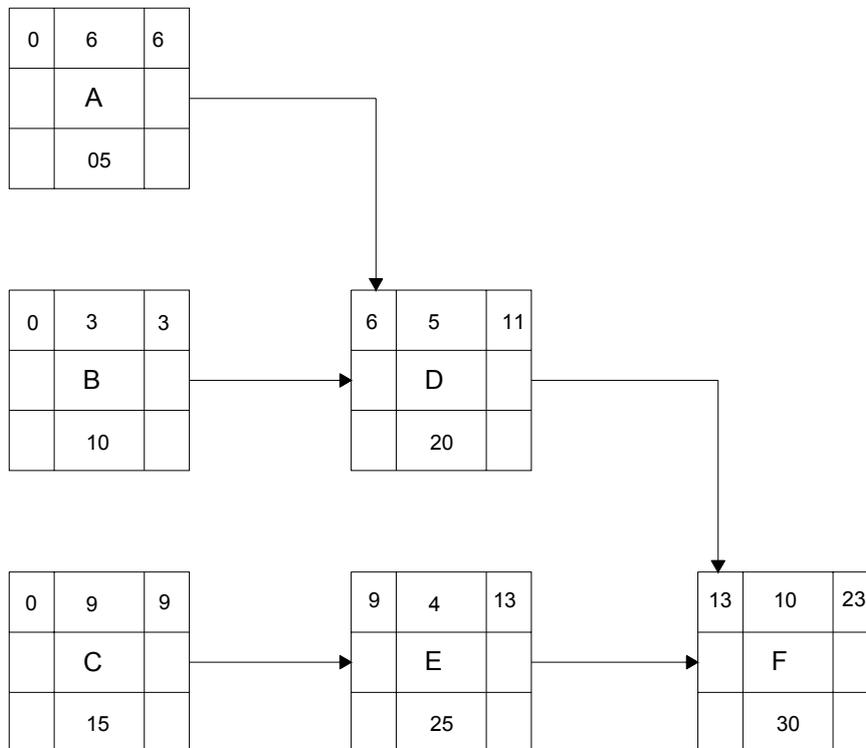


Fig. 5.7.9

5.7.5.4. CÁLCULO DE LOS TIEMPOS MÁS TARDÍOS PARA FINALIZAR Y EMPEZAR LA ACTIVIDAD

Para las **actividades** últimas o **finales tomamos** como **tiempos más tardío de terminación igual al tiempo más temprano de terminación**. En este caso sucede con F y por lo tanto $L_f = E_f = 23$. Representado en el **cuadro N°3**.

ACTIVIDAD	DURACION	TIEMPOS MÁS TARDÍOS PARA FINALIZAR (Lf)	TIEMPOS MÁS TARDÍOS PARA COMENZAR (Lc)
F	10	$L_f = E_f = 23$	$L_c = L_f - DURACIÓN = 23 - 10 = 13$
E	4	$L_f = L_c \text{ de } F = 13$	$L_c = L_f - DURACIÓN = 13 - 4 = 9$
D	5	$L_f = L_c \text{ de } F = 13$	$L_c = L_f - DURACIÓN = 13 - 5 = 8$
C	9	$L_f = L_c \text{ de } E = 9$	$L_c = L_f - DURACIÓN = 9 - 9 = 0$
B	3	$L_f = L_c \text{ de } D = 8$	$L_c = L_f - DURACIÓN = 8 - 3 = 5$
A	6	$L_f = L_c \text{ de } D = 8$	$L_c = L_f - DURACIÓN = 8 - 6 = 2$

Cuadro N° 3.

NOTA: En los tiempos más tardíos de cada actividad si hay dos o más concurrentes se tomará **el menor**.

Los tiempos más tardíos se representan en la **Fig. 5.7.10**.

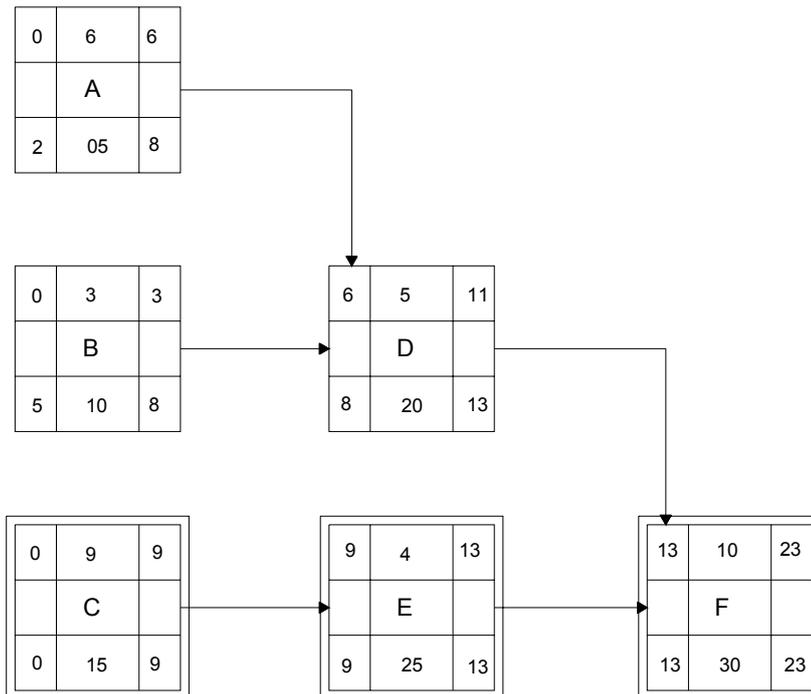


Fig. 5.7.10

CRITICIDAD: Las actividades **C, E y F** son **críticas**, puesto que su **holgura total** (tiempos más tardíos para finalizar menos el tiempo más temprano para comenzar y menos la duración) es **cero**; y lo indico en el gráfico recuadrando la ventana de la actividad.

5.7.6. ACTIVIDADES CRÍTICAS Y SU REPRESENTACIÓN EN EL GRÁFICO

- **HOLGURA TOTAL DE UNA ACTIVIDAD:** es la resultante de restar al tiempo más tardío para finalizar una actividad, el tiempo más temprano para comenzarla y la duración de la misma.
- La **HOLGURA LIBRE** de una actividad cualquiera se fija obteniendo el **mínimo** del resultado de calcular:

La diferencia de E_c (siguientes) – E_c (Actividad) - Duración

- **ACTIVIDAD CRÍTICA:** es aquella cuya **holgura total es cero**.
- **Actividad Crítica en su comienzo;** Cuando la **diferencia** de los tiempos más tempranos y más tardíos para comenzar **es cero**, se dice que la actividad **es crítica en su comienzo**, representando con doble línea la parte de los comienzos de la ventana de la actividad.
- **Actividad Crítica en su final:** Cuando la **diferencia** de los tiempos más tempranos y más tardíos para finalizar **es cero**, decimos que la actividad **es crítica en su final** representando con doble línea la parte de finales de la ventana de la actividad
- **El tipo de ligaduras** que admite este sistema nos da como consecuencia la **dificultad** para establecer en muchos casos **la o las rutas críticas**.

La representación en el gráfico de los distintos tipos de criticidad será el siguiente:

Fig. 5.7.11.

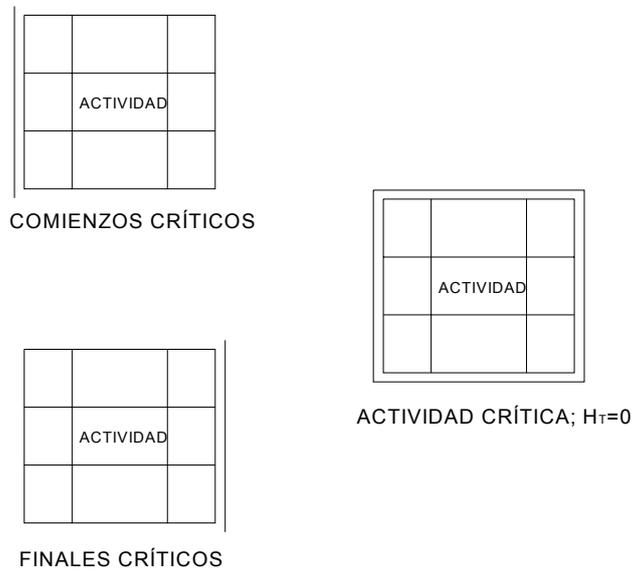


Fig. 5.7.11

5.7.7. EJEMPLO

Necesitamos **programar** la ejecución de una obra cuyas características son las siguientes:

ACTIVIDAD	DURACIÓN	LIGADURAS
FACHADA	60	
Divisiones Interiores de LHD	35	No podrá comenzar antes de 15 días de comenzar las fachadas y deberá terminar al menos 5 días después de éstas.
ELECTRICIDAD (obra empotrada)	15	No podrá comenzar antes de treinta días de comenzar las divisiones y deberá terminar 20 días después de éstas.
Fontanería y Calefacción (obra empotrada)	30	
ENFOSCADOS (base alicatados)	21	No podrá comenzar antes de 5 días de comenzar la electricidad, ni 10 días antes de comenzar la fontanería y la calefacción y no podrá terminar antes de terminar la electricidad, fontanería y calefacción.
ALICATADOS	35	No podrá comenzar hasta que hayan transcurrido 20 días de comenzar los enfoscados.

Queremos:

Realizar la **programación** con el SISTEMA DE PRECEDENCIAS, teniendo en cuenta que como tiempo disponible para realizar las obras se tomará el tiempo más temprano para terminar las mismas, obtenido en su programación.

Realizamos el cuadro donde se recogen las características, códigos y ligaduras con sus demoras adaptadas al sistema de precedencias. **Cuadro N°. 4.**

ACTIVIDAD	CÓDIGO	DURACIÓN	ACTIVIDAD PRECEDENTE	LIGADURA	DEMORA n
FACHADA	5	60			
DIVISIONES INTERIORES	10	35	FACHADAS	C/C F/F	n = 15 n = 5
ELECTRICIDAD (O. EMPOTRADA)	15	15	DIVISIONES	C/C F/F	n = 30 n = 20
FONTANERÍA Y CALEFACCIÓN (O. EMPOTRADA)	20	30	DIVISIONES	C/C F/F	n = 30 n = 20
ENFOSCADO	25	21	ELECTRICIDAD	C/C F/F	n = 5 n = 0
	25	21	FONT. Y CALEF.	C/C F/F	n = 10 n = 0
ALICATADOS	30	35	ENFOSCADO	C/C	n = 20

Cuadro N°.4

El gráfico del Sistema de Precedencias es el de la **Fig. 5.7.12.**

SISTEMA DE PRECEDENCIAS

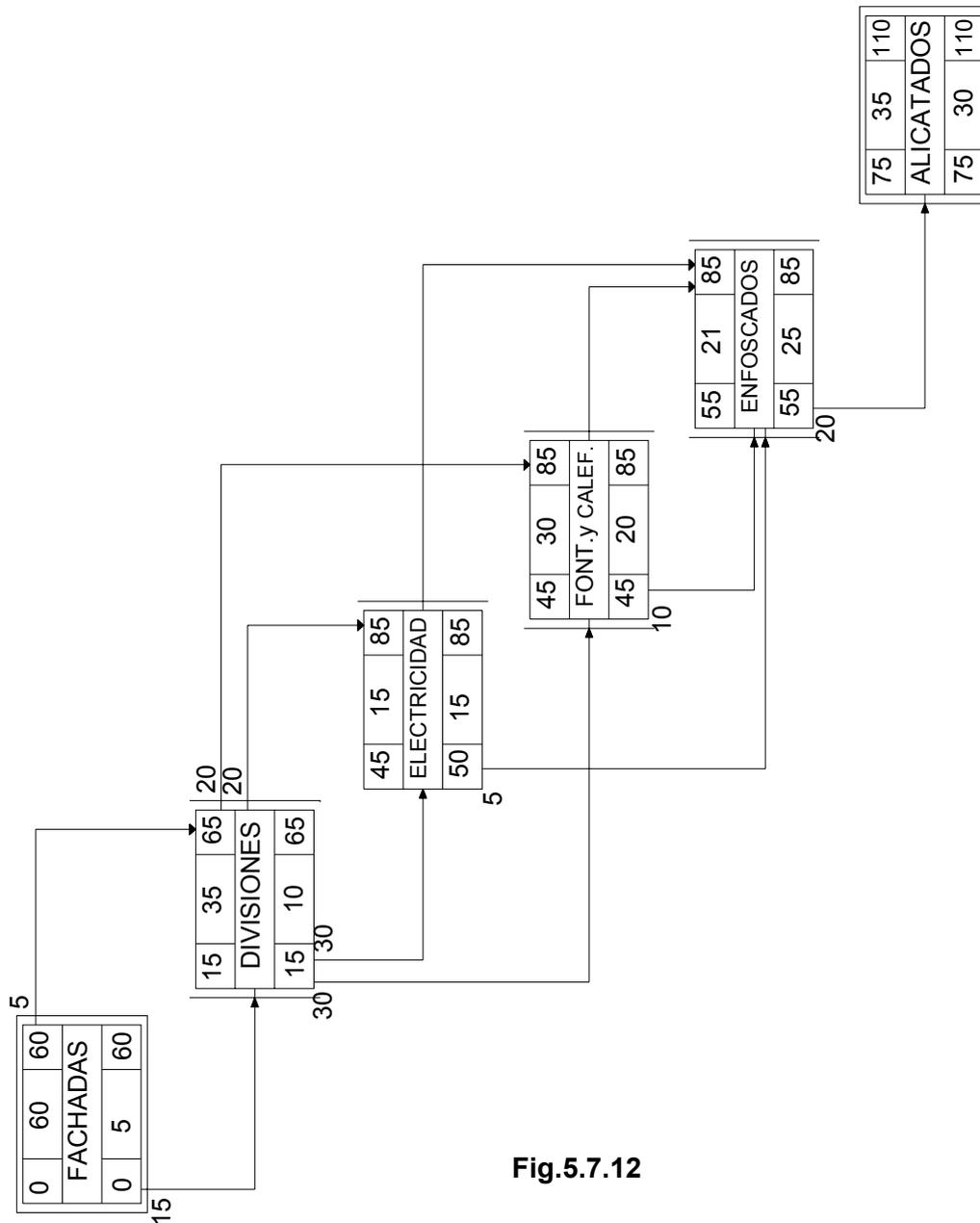


Fig.5.7.12

NOTAS:

- Las actividades de **Fachadas** y **Alicatados** son **críticas totales**; su $H_T = 0$.
- Las actividades de **Divisiones**, **Fontanería** y **Calefacción**, y **Enfoscados**; tienen **críticos sus comienzos y finales**, pero no las podemos considerar críticas totales, puesto que su **holgura total es mayor que cero**, $H_T > 0$.
- Las actividades de **Electricidad** sólo son **críticos los finales**.

5.8. CRONOGRAMAS - GANTT MEJORADO

5.8.1. INTRODUCCIÓN

Con la **aparición de los métodos del camino crítico**, C.P.M, PERT, ROY, etc. y su **aplicación a la programación de las obras se vio la dificultad** que estos métodos **presentan** cuando lo **intentan manejar personas no especializadas** en programación y resultando **como consecuencia el poco aprecio** que estos instrumentos han suscitado **entre los agentes implicados en la edificación**.

El GANTT MEJORADO no se puede considerar como un método de programación, pero sí un instrumento de apoyo muy útil en el control de las obras.

Los técnicos son conscientes de la escasa y deficiente información que ofrece el conocido diagrama de barras y con la aspiración de intentar conjugar lo mejor de los dos métodos: **SENCILLEZ** del **GANTT** con el **RIGOR CIENTÍFICO** de los **MÉTODOS del CAMINO CRÍTICO** se han realizado varios intentos por buscar **nuevos instrumentos** que dieran satisfacción, aunque solo sea de forma parcial, a las necesidades mayoritariamente demandadas de **sencillez e información mas completa y obtenida de forma fiable**.

Así nace lo que podemos denominar **GANTT MEJORADO** en el que a las barras del GANTT se les **dota de las holguras** obtenidas en cualquiera de los métodos más rigurosos: C.P.M, PERT, ROY, etc

Para ello necesitaremos realizar previamente la programación por alguno de los **métodos del camino crítico** en el que podamos **obtener las holguras totales** de las actividades y ver con claridad cuáles de esas **actividades son críticas**. Estos datos no los podemos obtener en el GANTT, y a continuación **reflejaremos** estas **holguras** en las **barras del diagrama** que representan las actividades.

Debemos tener en cuenta que cuando utilizamos un sistema C.P.M./PERT a veces tendemos a **resumir los resultados que nos proporcionan** estos métodos de programación llevándonos a un **gravísimo error**, y aún mas si cabe, este se hace mas notable cuando **trabajamos con sistemas informáticos**, en el que se pasa a llamar actividades a las barras sin tener en cuenta las propias características del C.P.M. Aunque se puede crear un programa informático, **los resultados que obtenemos no son muy fiables** pero debemos tener en cuenta que esto no es un C.P.M y como sus epígrafes nos son actividades no les podemos establecer ningún tipo de holgura, pues **desconocemos la relación o ligaduras que hay entre las actividades**.

En conclusión el **Diagrama de Barras** que obtenemos como resultado de un C.P.M./PERT y ROY es **totalmente válido** y algunos **programas informáticos lo dibujan**.

Lo que **no** podemos es darle el nombre de **C.P.M. director** ya que no lo es, por que cuando intentamos meter de nuevo en el ordenador el diagrama de barras los resultados obtenidos son erróneos. Esto es debido a que como ya hemos dicho se desconocen las ligaduras de las actividades.

Debemos tener presente que un C.P.M. es un C.P.M. y un diagrama de barras es otra cosa muy diferente. **La obtención de un Diagrama de Barras a partir de un C.P.M., PERT, ROY es una técnica sencilla sin embargo el proceso inverso no es posible.**

A continuación mostraremos varios ejemplos prácticos en los que utilizaremos un gráfico C.P.M. y otro ROY para calcular las holguras y reflejarlas en el GANTT MEJORADO.

5.8.2. EJEMPLOS PRÁCTICOS

5.8.2.1. GRÁFICO C.P.M. Y SU TRANSFORMACIÓN EN GANTT MEJORADO

Vamos a realizar un ejemplo práctico para el desarrollo del método expuesto.

Se trata de ejecutar tres vigas de hormigón armado. Para ello sabemos que el proceso de ejecución de una viga consta de tres fases en las que intervienen tres oficios diferenciados:

- Encofrado.
- Armado.
- Hormigonado.

Además, para realizar estas tres vigas tenemos un condicionante: disponemos de solo un equipo por cada oficio, es decir:

- Un equipo de encofradores.
- Un equipo de ferrallistas.
- Un equipo de hormigonado.

Con esta última premisa sabemos que no podemos simultanear actividades del mismo oficio en ambas vigas.

ACTIVIDADES

Como tenemos tres vigas y tres actividades por cada viga, en total van a ser nueve actividades:

- E.V1: Encofrado de la viga 1.
 - A.V1: Armado de la viga 1.
 - H.V1: Hormigonado de la viga 1.
-

E.V2: Encofrado de la viga 2.
A.V2: Armado de la viga 2.
H.V2: Hormigonado de la viga 2.

E.V3: Encofrado de la viga 3.
A.V3: Armado de la viga 3.
H.V3: Hormigonado de la viga 3.

DURACIONES

Encofrado: 90 minutos.
Armado: 30 minutos.
Hormigonado: 25 minutos.

Realizamos el diagrama de GANTT **Fig. 5.8.1** teniendo en cuenta las siguientes ligaduras.

- El armado de cada viga no se puede realizar hasta que no se haya finalizado el encofrado.
- El hormigonado de la viga no se puede realizar hasta que no se haya finalizado el armado.

OBSERVACIONES

En el GANTT de la **Fig.5.8.1**. no vemos si las actividades tienen holguras y desconocemos la relación que puede existir entre ellas.

En base a las mismas ligaduras con las que hemos realizado el GANTT, realizamos el **C.P.M.** Hallamos la holgura total de cada actividad. **Fig. 5.8.2**

GRAFICO GANTT

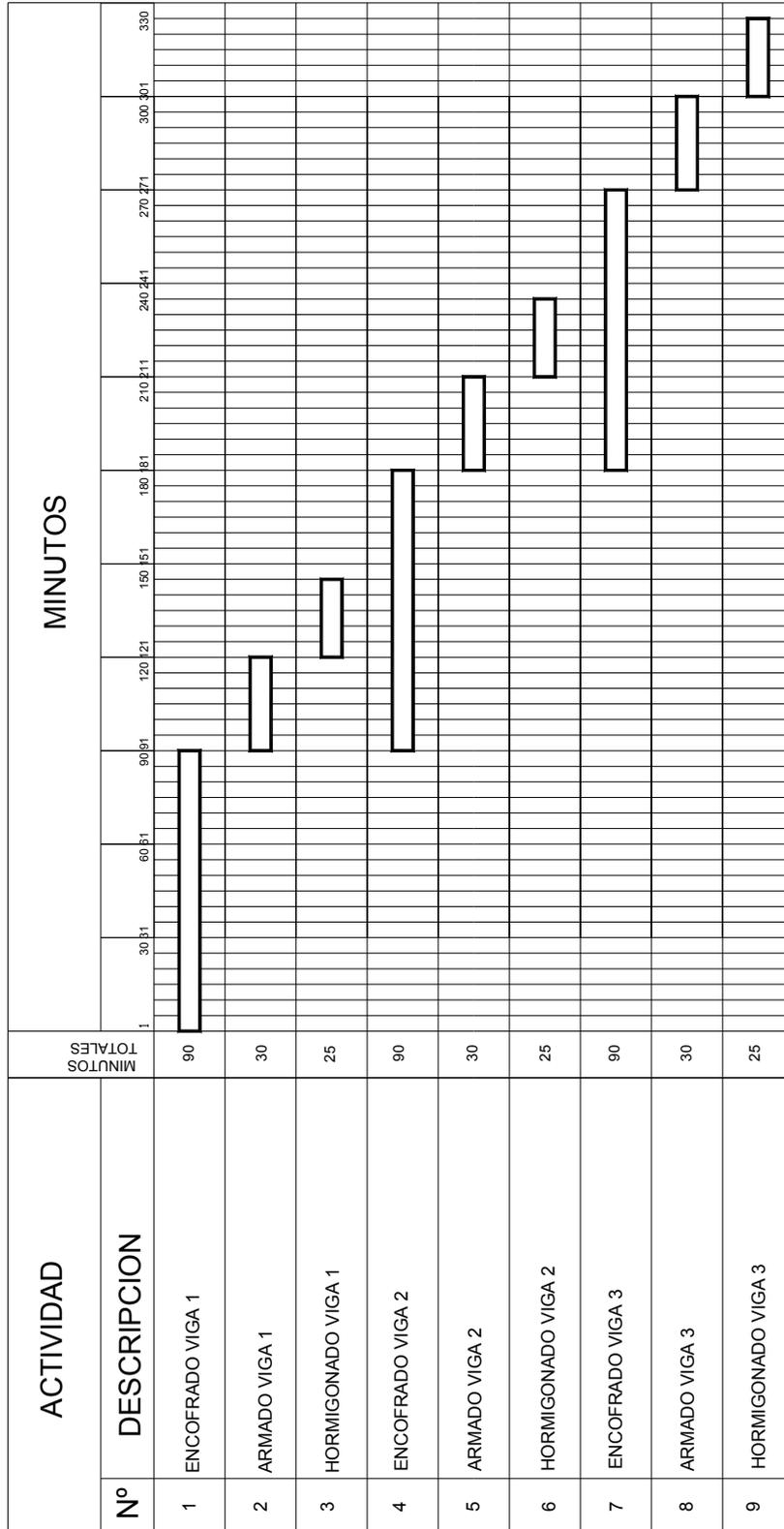


Fig.5.8.1

GRAFICO C.P.M.

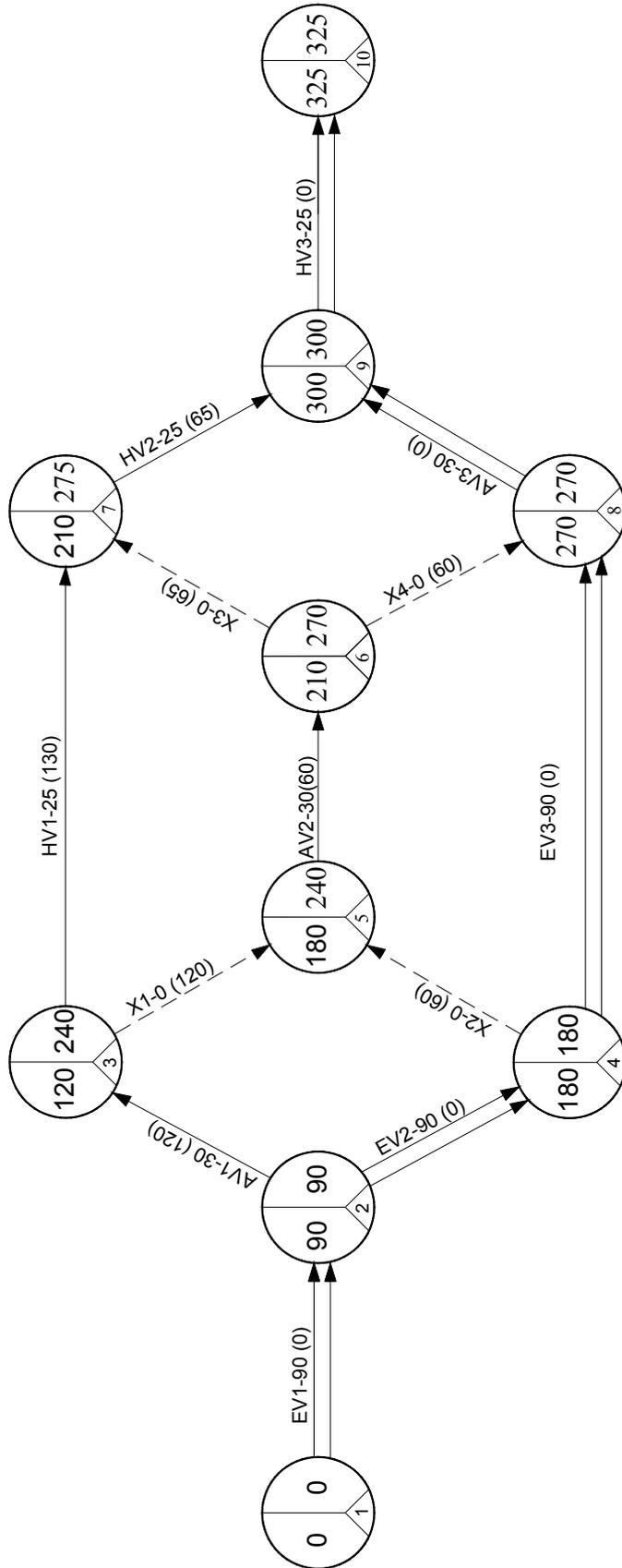


Fig.5.8.2

OBSERVACIONES

- Vemos en el **C.P.M.** de la **Fig.5.8.2.** **qué actividades son críticas** y **qué holgura total** tiene el resto de **actividades.**
- El encofrado de cada viga va a ser siempre actividad crítica. No tiene holgura, con lo que los encofradores tendrán que realizar los tres encofrados consecutivos sin que existan tiempos muertos.
- El armado y hormigonado de la última viga serán actividades también críticas para poder finalizar en el tiempo previsto.
- Vemos, sin embargo, que las actividades de ferralla y hormigonado de las vigas **1 y 2** disponen de sobrada holgura. Esto tiene como consecuencia la existencia de tiempos muertos en sendos oficios.

GANTT MEJORADO PARTIENDO DEL C.P.M de la Fig.5.8.2

- Una vez reflejadas las holguras de estas actividades en el GANTT, **Fig. 5.8.3,** mediante la **prolongación de las barras** con trazo discontinuo, **hasta los momentos mas tardíos** que pueden terminar cada una de las actividades, podemos estudiar las posibles soluciones con más claridad que observando el gráfico C.P.M. Tenemos que evitar que existan tiempos muertos y mantener ocupados a los oficios.
-

GRAFICO GANTT MEJORADO

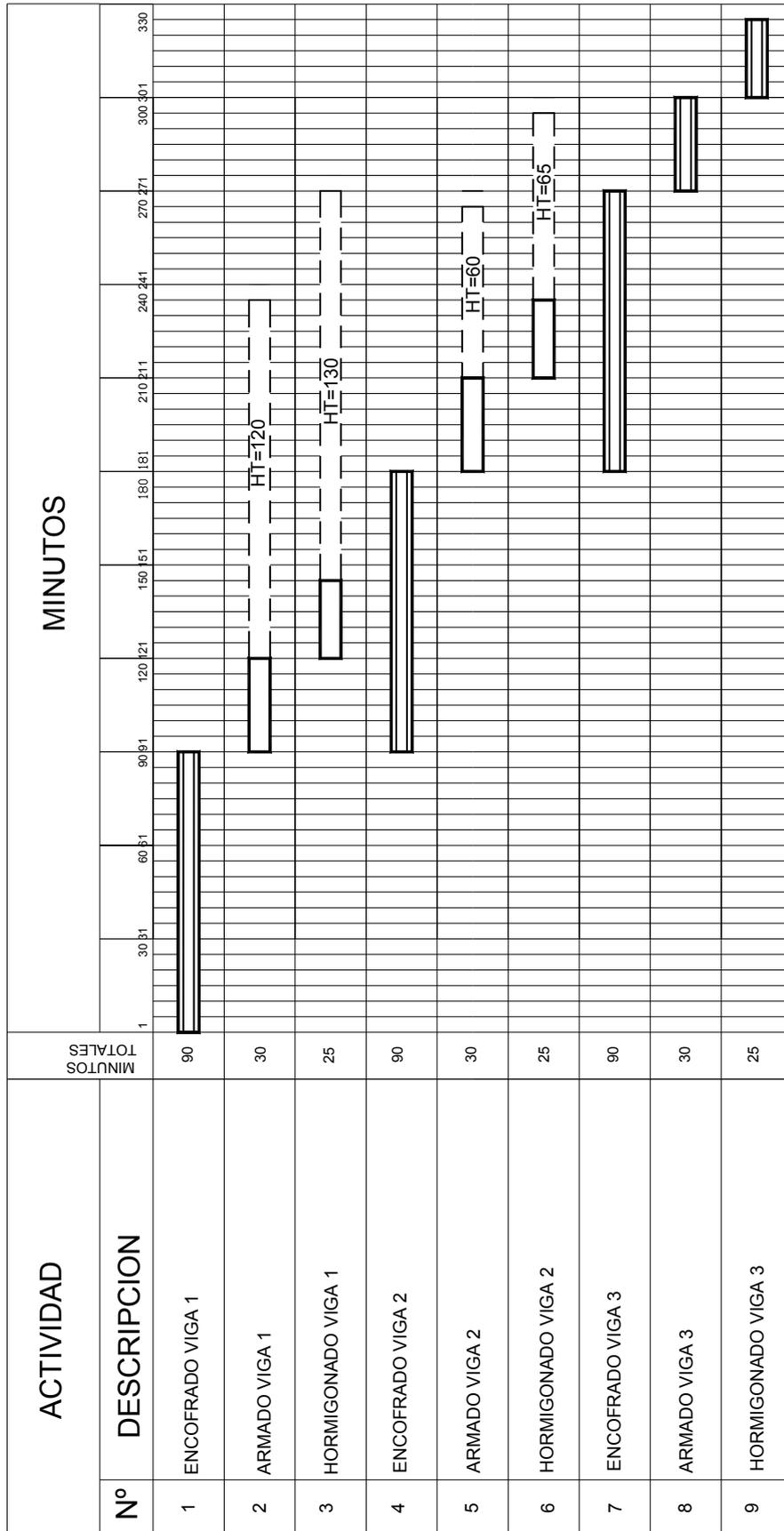


Fig.5.8.3

SOLUCIONES

- Una solución es desplazar las actividades a lo largo de su holgura en el gráfico, es decir, consumiendo esa holgura y por lo tanto **comenzando cada actividad** en sus **tiempos más tardíos**. De esta forma podrán realizarse estas actividades consecutivamente sin tiempos muertos de espera. Los equipos correspondientes habrán podido realizar otras actividades en otros procesos de la obra.
- Esta **solución** la plasmamos en el diagrama de la **Fig.5.8.4**, de tal forma que al desplazar las actividades a los tiempos más tardíos posibles, hemos consumido su holgura con lo que pasan a ser actividades críticas.

CONCLUSIONES

- En el GANTT de la **Fig. 5.8.1**, **realizado antes de haber programado las actividades** con el **método C.P.M.** No conocemos las holguras totales de las actividades y por consiguiente la criticidad de las mismas, tampoco podemos reflejar en el gráfico las ligaduras que hay entre las actividades.
 - En el GANTT de la **Fig. 5.8.3**, hemos reflejado las holguras y la criticidad de las actividades, obtenidos en el C.P.M de la **Fig. 5.8.2**, aunque **no las ligaduras**.
 - Por ultimo en el GANTT MEJORADO de la **Fig. 5.8.4**, hemos propuesto una solución para evitar en lo posible los tiempos muertos de los equipos infrutilizados, pero seguimos sin relacionar las actividades entre si.
-

GRFICO GANTT MEJORADO

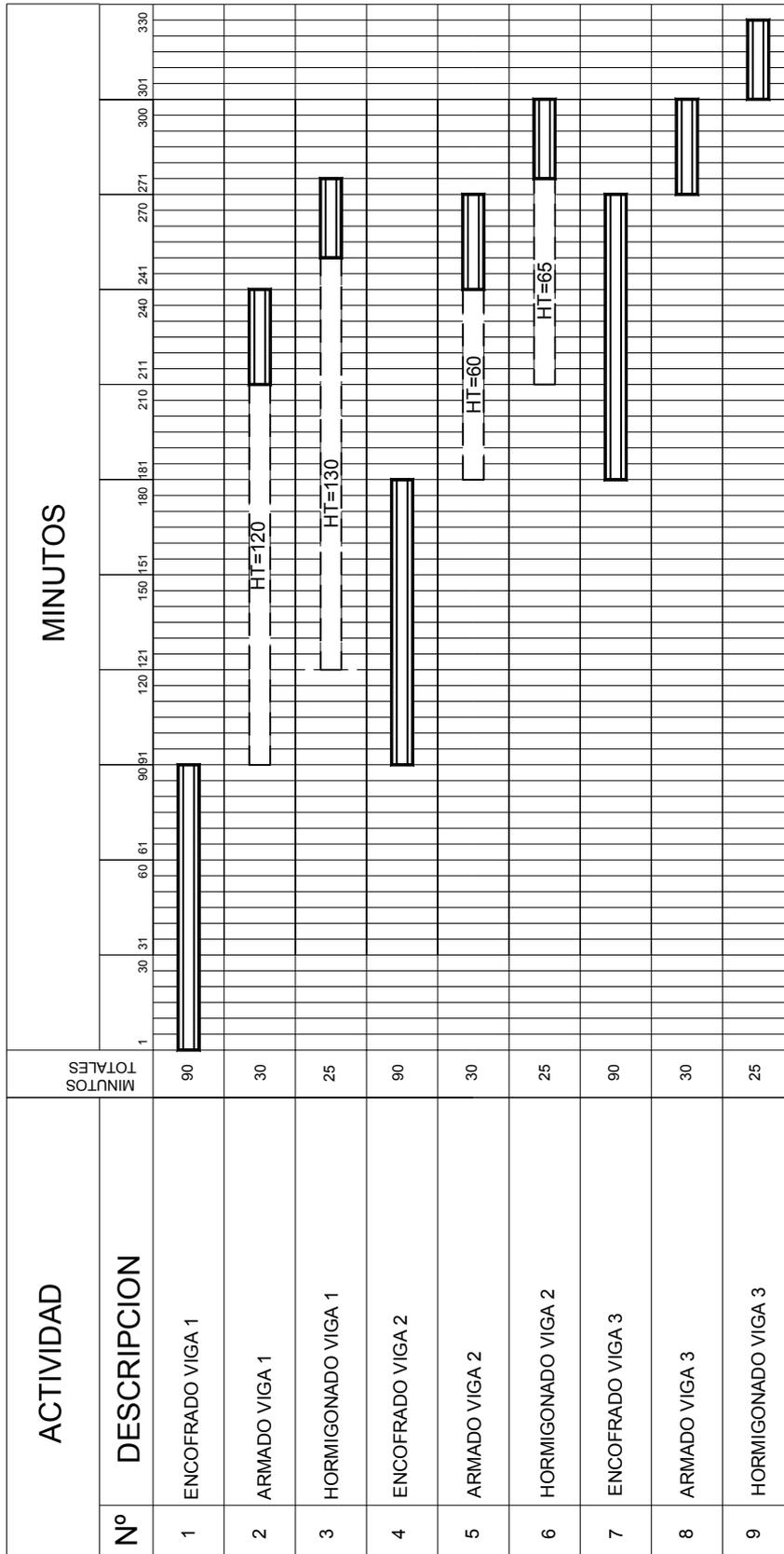


Fig.5.8.4

5.8.2.2. GANTT MEJORADO PARTIENDO DE UN ROY

Vamos a suponer una serie de actividades de un determinado proceso de construcción. Las nombraremos genéricamente con letras minúsculas.

Las **duraciones de las actividades** son las siguientes:

DURACIONES

a - 25	d - 10	g - 10
b - 28	e - 15	h - 18
c - 38	f - 26	i - 3

Fruto del estudio de **la planificación** de estas actividades y de la experiencia acumulada de otras programaciones de obra, hemos obtenido las **siguientes ligaduras**:

LIGADURAS

a	→	b, c
b	→	d, e
c, d	→	f
f	→	i, h
e, i	→	g

Procedemos a realizar el gráfico ROY **Fig.5.8.5**, obteniendo las correspondientes holguras de las actividades. Nos interesa calcular las holguras totales que son las que nos dan información sobre qué actividades son **críticas**. Estas son las que tengan **holgura total 0**.

A continuación trazamos el diagrama GANTT MEJORADO **Fig.5.8.6**, reflejando en cada actividad la holgura, si la tiene, mediante la prolongación de la barra con trazo discontinuo, hasta su final más tardío.

Así mismo, representamos qué actividades son **críticas**, haciendo **una doble línea** en las barras de las actividades que corresponda.

Una vez realizado este “GANTT MEJORADO” ya podremos actuar en las actividades desplazándolas a lo largo de su holgura según convenga en cada caso igual que hicimos en el anterior ejemplo.

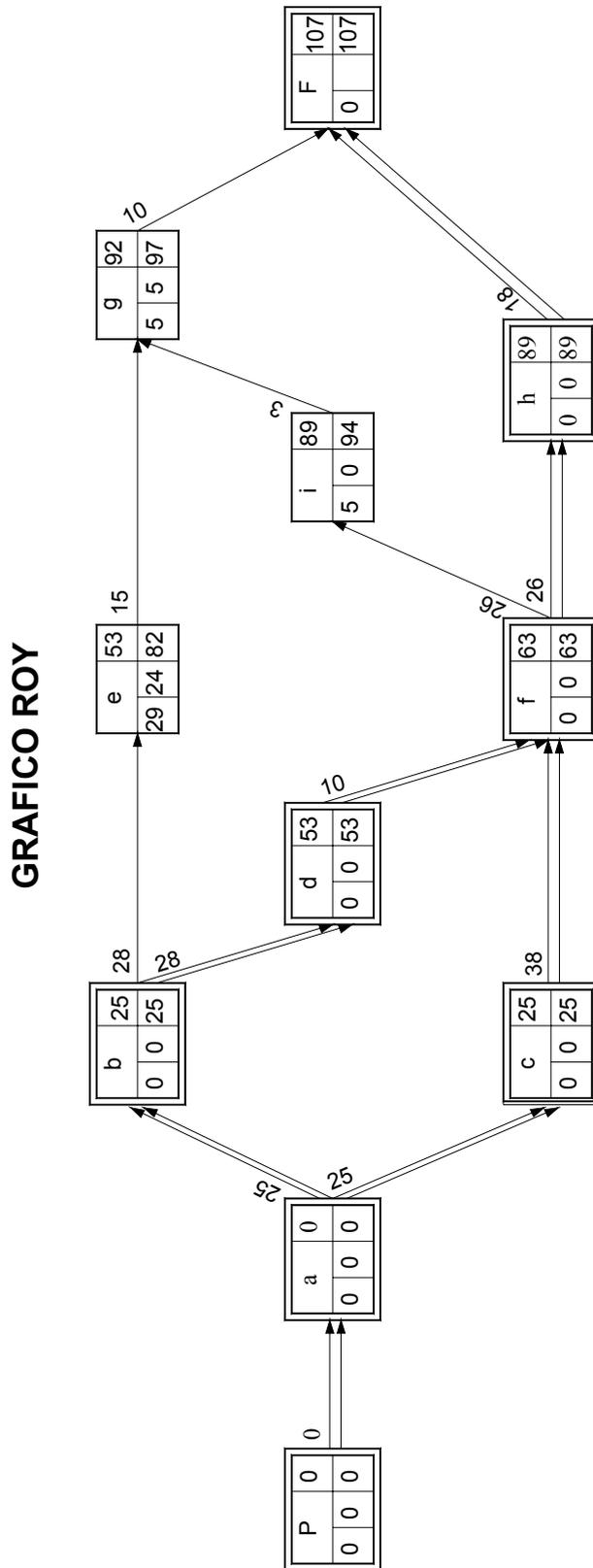


Fig.5.8.5

GRAFICO GANTT MEJORADO

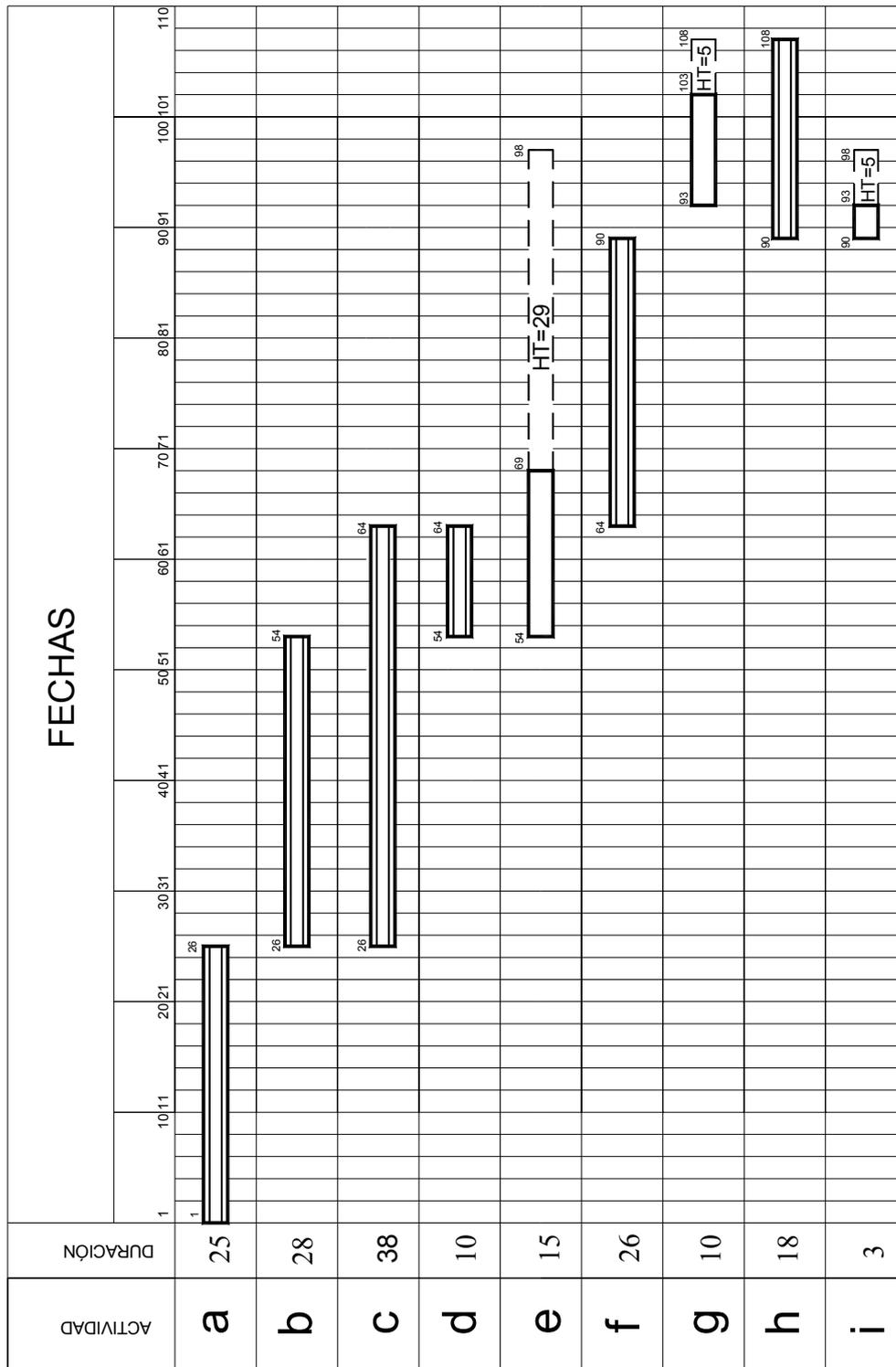


Fig. 5.8.6.

NOTA

Como vemos también partiendo de un ROY podemos realizar el correspondiente GANTT MEJORADO, en el cual **reflejamos las holguras y criticidad de las actividades**, aunque **no las ligaduras o restricciones** que hay entre ellas.

5.9. LOS MÉTODOS DEL CAMINO CRÍTICO EN SU APLICACIÓN A LOS PROGRAMAS INFORMATICOS.

5.9.1. INTRODUCCIÓN

La aparición del **ordenador** y su continua evolución ha ayudado a los usuarios a la realización de trabajos en numerosos campos, **minimizando los errores** y **reduciendo** en gran medida el **tiempo de ejecución** de estos. Como tal no iba a ser menos en su aplicación al los cálculos de los métodos del CAMINO CRITICO (C.P.M., PERT, ROY...).

5.9.2. TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LOS SISTEMAS

Para la realización de las técnicas de los **sistemas del camino crítico** es preciso dedicarle un tiempo considerable, y aún así es posible la aparición de errores.

Para calcular **pocas actividades** es útil el ordenador, pero incluso puede ser más rápido **realizarlas mentalmente**; en **la práctica** la cantidad de **actividades es elevada** con lo que manualmente se requerirá de mucho más tiempo, esto llevará a la fatiga y finalmente será fácil la obtención de **errores** difícilmente subsanables, ya que se irán arrastrando influyendo a todo el trabajo.

En definitiva el uso de **la informática** nos puede ofrecer una **gran ayuda**, al conseguir en un **espacio breve de tiempo** la solución buscada **sin errores**.

5.9.3. EL ORDENADOR Y LOS PROGRAMAS

Los **programas** son los **instrumentos** que tenemos para informar al ordenador las órdenes que éste debe seguir.

Para la **armonización de recursos**, tema de gran importancia y complicado de realizar manualmente, con los programas existentes podemos **regularizar los histogramas** para que queden **nivelados** de la mejor forma posible pudiendo tardar tan sólo unos pocos minutos.

Aunque **el ordenador** nos ofrece una indiscutible ayuda, lo **esencial** de los **métodos del camino crítico** se encuentra en la **planificación primaria**; (relación de actividades; duraciones y recursos; interrelaciones entre tareas), lo cual debe ser llevado a cabo y sin lugar a error **por los usuarios**. En un segundo plano están **los cálculos** y es aquí donde empieza la importante labor del ordenador, que **no sirve** de nada **sin una correcta planificación primaria**.

En definitiva no servirá de nada la perfecta ejecución de los cálculos si los datos que se maneja son erróneos.

El **jefe de obra** debe mantener una **colaboración** estrecha con el **operador de la máquina**.

Como síntesis de lo anteriormente explicado, decir que el **ordenador** es una **máquina muy eficiente** pero que **sería inútil sin** el buen uso aportado por **técnicos expertos y competentes**.

5.9.4. ALGORITMO PERT Y C.P.M.

Para el procedimiento de los **cálculos de los algoritmos** del PERT y C.P.M. en el ordenador es obligatorio indicar **previamente los números de los vértices** que indican **los sucesos inicio y final de las actividades**, así como lo que éstas duran. Lo cual implica **realizar el gráfico antes de iniciar los cálculos**. El número del vértice que indica el **suceso comienzo** de una actividad tiene que **ser menor** que el que indica el **suceso final** de esta actividad.

La mayoría de los programas nos posibilitan añadir posteriormente más vértices sin tener que cambiar los datos anteriores.

El **ordenador indica** las **holguras** (total, libre e independiente) de las actividades indicando si forman parte del **camino crítico**.

5.9.5. ALGORITMO ROY

Para iniciar el proceso ROY, **los datos** que debemos indicar al ordenador **son los mismos** que los descritos anteriormente para el PERT y C.P.M. a excepción de que **no necesitamos tener numerados los acontecimientos** y consecuentemente **no tener dibujado el gráfico**, pudiéndose **identificar las actividades** por una **clave** que debe **ser numérica**.

La secuencia se marcará indicando para cada actividad las que son necesarias haber ejecutado, total o parcialmente, para que pueda iniciarse la actividad a ejecutar.

La **numeración de las actividades no tiene que ajustarse al orden en que estamos realizando éstas**.

Como mínimo para trabajar con el algoritmo ROY, se deberán comprobar:

- **Las claves** que preceden a cada actividad pertenecen a actividades que están en el proyecto.
- Existe **una actividad** a la que **ninguna otra la precede**.
- Existe una **única actividad** a la que **ninguna otra la sigue**.
- **No se deben formar bucles** para la ejecución de actividades.

El ordenador nos dará como respuesta **cálculo** de los **tiempos mínimo y máximo** de cada actividad, así como las **holguras totales y libres** y la **criticidad** de las actividades.

5.9.6. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS ALGORITMOS PERT, C.P.M Y ROY

El uso de los métodos PERT y C.P.M, ha sido mayor que el uso del ROY ya que se ha difundido por todo el mundo quedando el **ROY** circunscrito, por ahora, al área europea.

La numeración de las actividades en el método ROY no tiene **que ajustarse al orden de ejecución** de las mismas pues de esta forma la preparación de los **datos de entrada** es **mucho más sencilla**, permitiendo además, la posibilidad de una posterior **adición de actividades** sin modificar las anteriores.

La complejidad del método ROY sobre los métodos PERT y C.P.M. hace que éste requiera **mayor necesidad de memoria**, pero si la numeración de los vértices en el PERT/C.P.M. se hiciera correlativa, este **aumento de memoria** sería casi **inapreciable**.

La no necesidad de asignar claves numéricas en el método ROY a las actividades que posean un orden secuencial análogo al orden de ejecución y la **no introducción de actividades ficticias** en el método ROY hacen **más sencilla** su aplicación.

Por tanto se puede deducir que el método ROY **verá aumentado su utilización** ya que son **claras las ventajas** que éste nos ofrece **frente** a los otros **métodos del camino crítico**.

5.10. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE CADA UNO DE LOS MÉTODOS

En este apartado voy a resumir de forma ordenada los **puntos fuertes-ventajas** y los **puntos débiles-inconvenientes** de cada uno de los métodos analizados con el objetivo de **poder compararlos** de forma más eficaz.

5.10.1. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL MÉTODO GANTT

VENTAJAS

- a. **Gran facilidad** para **comprenderlo** por personas no especializadas en programación de obras.
- b. **Simplicidad** de manejo.
- c. Representación **gráfica sencilla**.

INCONVENIENTES

- a. **Confusión** entre **planificación** y **programación** al pretender realizarla simultáneamente.
- b. **Información** absolutamente **deficiente**, no nos indica **ni holguras ni criticidad**.
- c. **No refleja** las **relaciones** entre las actividades.
- d. **No** es posible **reprogramar** partiendo de un GANTT.
- e. **No** puede incorporar **funciones** ajenas.
- f. La **informatización** resulta **muy deficiente** puesto que al **no realizar** una programación con holguras y criticidades, con sus **algoritmos** adecuados, no se aprovecha todas las potencialidades que la informática nos ofrece.

5.10.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL MÉTODO C.P.M.

VENTAJAS

- a. **Define** las **actividades** con especial preponderancia y deja los sucesos que resulten como consecuencia de la duración de las actividades y sus ligaduras.
 - b. Se emplea en **programas de construcción** porque se conoce la **duración de la actividad** o se debería de conocer **con certeza** en la gran mayoría de las utilizadas en obra.
 - c. Con este sistema se puede realizar un proyecto con **costes mínimos** y esto lo conseguimos con el estudio que relaciona los costes con la duración de las actividades, dando origen a los métodos conocidos como **PERT/C.P.M.- COSTE**.
-

- d. La **información** sobre las **holguras de las actividades** y por lo tanto la **criticidad** de estas y de la o las **rutas críticas**, es de **gran claridad** y de vital importancia.
- e. **Se recoge** con total precisión las **funciones ajenas**.
- f. Muestra **claramente** la o las **rutas críticas**.

INCONVENIENTES

- a. El gráfico necesita la utilización de **actividades ficticias**, para la representación de ligaduras, lo que **implica dibujar la red antes de iniciar los cálculos**.
- b. Precisa igualmente hacer el **gráfico previamente**, para **numerar los sucesos** y entrar nuevamente para realizar todos los cálculos y por ello es más complejo de desarrollar en el ordenador y **ocupa más espacio en la memoria** por la numeración de sucesos.
- c. Este método solo usa **una relación** que es la de **final/comienzo** y es la que nos limita la representación en el gráfico de otros tipos de ligaduras o restricciones.
- d. Es necesario **fraccionar las actividades** para indicar si una actividad empieza antes de terminar la inmediatamente predecesora y está condicionada por ella.
- e. La modificación del gráfico es más compleja puesto que nos aparecen **actividades ficticias** y **nudos** que han de ser numerados previamente. Esto afecta de manera clara a la hora de **reprogramar** una obra.
- f. Es un **sistema para técnicos** puesto que es de **difícil comprensión** para las personas que no conocen los métodos de programación.

5.10.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL MÉTODO PERT

VENTAJAS

Además de tener **comunes** con el C.P.M. las ventajas enumeradas anteriormente **c**, **d**, **e** y **f** tiene de forma específica las siguientes.

- a. Este sistema **define** claramente **los sucesos**, las actividades que ligan etapas tienen menos importancia.
 - b. Funciona con **tiempos probabilísticos**, es decir, tiene tres tipos de duración t_o (tiempo optimista), t_m (tiempo más probable), t_p (tiempo pesimista). Con estos tiempos se puede calcular la **probabilidad** de cumplir los plazos de la obra.
 - c. Es un conjunto de **objetivos intermedios**, que nos lleva a cumplir el **objetivo final** que es el plazo para ejecutar la obra.
 - d. En general es más utilizado para desarrollar **programas de investigación** u otros similares en que la duración de cada una de las etapas o actividades no es conocida con certeza.
-

- e. Es el **método más conocido**, pues habiendo sido impulsado por los EE.UU. de AMERICA, se ha difundido por todo el mundo y **llegando a eclipsar a otros métodos** hasta el extremo de que estos sean de manera inadecuada conocidos también como PERT.

INCONVENIENTES

- a. El PERT tiene los **inconvenientes comunes** con el C.P.M.
- b. Es específico del método PERT el que Normalmente se basa en una **planificación esquemática** de la obra, por lo cual la información dada en la **programación** suele ser **escasa**.

5.10.4. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL MÉTODO ROY

Ningún método de programación por sí solo es capaz de satisfacer íntegramente las necesidades de programación de un proyecto.

VENTAJAS

- a. Se utiliza en **programas de construcción**, puesto que nos da una **información más detallada de la planificación** de la obra y los **tiempos son determinísticos**.
 - b. Permite partiendo de la **planificación correcta** de la obra entrar **directamente** a los cálculos necesarios para obtener la **programación de la obra**, sin necesidad de realizar los gráficos correspondientes.
 - c. Es **flexible** con respecto a las **restricciones** puesto que indica desde que comienza una actividad hasta que puede empezar la siguiente (**solapamiento de tareas**), tiempo que puede tener la condición de estar limitado tanto inferior como superiormente (posterioridad máxima), todo esto es posible gracias a las ligaduras de tipo; **comienzo/comienzo, final/comienzo y final/final** y a utilizar **periodos de demora n**.
 - d. Con el punto anterior podemos ver que el gráfico es complejo, pero tiene una gran ventaja y es que recoge la **planificación de la obra** de forma **real**.
 - e. **No requiere usar actividades ficticias**, lo que se traduce en una fiel representación de actividades y relaciones de un proyecto, simplificando gráficamente las mallas y además los cálculos.
 - f. Muestra claramente la **trayectoria crítica**.
 - g. Para su **cálculo no es necesario** hacer el **gráfico**.
 - h. La **forma de notación** de las actividades y sus atributos **no deja lugar a equívoco o confusión**, respecto a **qué actividad pertenecen los atributos** correspondientes.
 - i. Puede manejar **gran cantidad de actividades**.
-

- j. **Muy apto** para el cálculo con **ordenadores**.
- k. Método **ampliamente utilizado** por especialistas en programación y control, sobre todo en Europa.

INCONVENIENTES

- a. El **no tener que obligatoriamente representar el gráfico**, en **ocasiones** nos da una **visión del proyecto poco clara** y nos podría dificultar el trabajo.
- b. Puede **haber bucles**, es decir ligaduras cuyo valor es negativo y cuyas flechas retroceden hasta una predecesora. La suma de la duración de dichos bucles deberá ser cero o negativa.
- c. **El gráfico puede resultar muy complejo** de realizar puesto que podemos tener una gran cantidad de flechas que nos dificulta la estructura.
- d. Como medio de información tiene una **limitada capacidad** y es **usado fundamentalmente por los especialistas**; contiene una gran **cantidad de información** en cuanto a fechas, **que no necesariamente son de interés** para todos los miembros de la organización del proyecto.

5.10.5. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL SISTEMA DE PRECEDENCIAS

VENTAJAS

En general tiene las ventajas del ROY.

- a. Es un método más **completo** que los anteriores (PERT, C.P.M., ROY), en cuanto a recoger la **planificación** prevista.
 - b. Acepta **varios tipos de ligaduras** incluso con periodos de tiempo de **demora o retardo n**.
 - c. El SISTEMA DE PRECEDENCIAS, admite con facilidad la relación **final/final F/F** y su reflejo en el grafico correspondiente, además de las **comienzo/comienzo C/C**; **final/comienzo F/C** y **comienzo/final C/F**.
-

INCONVENIENTES

- a. Exige un **cuidadoso análisis** a la hora de **establecer el camino crítico**.
- b. Es **conveniente** utilizar un método de **representación gráfica** como complemento.
- c. La **criticidad** se **debilita** al apreciarse con más dificultad que en el PERT y C.P.M. o ROY, dando lugar a varios tipos de criticidad como es el caso de las **actividades** que son solo **críticas en sus comienzos** o en sus **finales**.

5.10.6. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL CRONOGRAMA. GANTT-MEJORADO

VENTAJAS

Las **mismas** que las **enunciadas para el GANTT** y además:

- a. Una **mejor información** puesto que **incorporamos** las **holguras** y **criticidad** obtenida por alguno de los **métodos del camino crítico**.

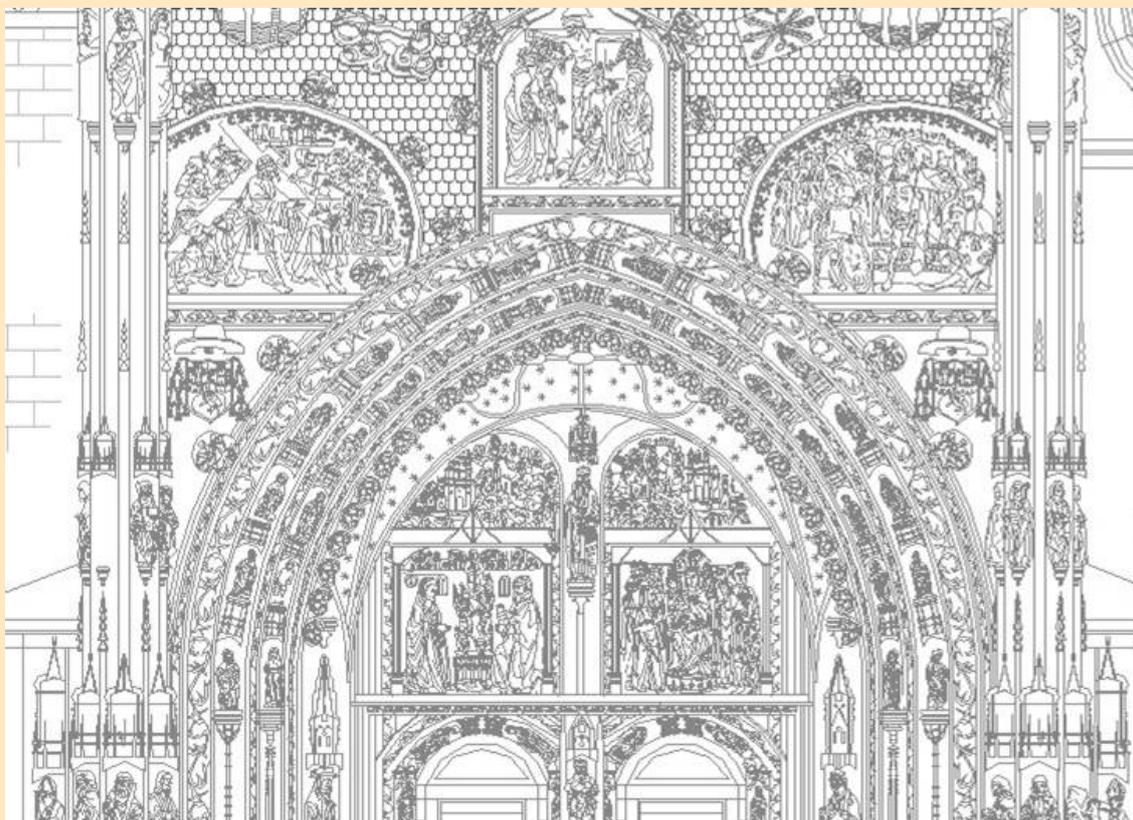
INCONVENIENTES

Siendo esencialmente los mismos que los **enumerados para el GANTT**, en general estos inconvenientes **disminuyen** en **su graduación**.

- a. Es **muy limitado** en su información (faltan ligaduras entre actividades pero al menos tiene un cierto rigor, pues la base de la que parte son cualquiera de los métodos de programación considerados como adecuados: PERT, C.P.M, ROY).
- b. No **establece** la **relación** existente entre las actividades.
- c. Como consecuencia de lo anterior, **no es posible reprogramar** una obra a partir de un GANTT MEJORADO, aunque si hacerlo en el instrumento del camino crítico del que hayamos partido y volver a realizar un **nuevo GANTT MEJORADO** que recoja la **nueva programación**.

El **GANTT MEJORADO NO LO PODEMOS CONSIDERAR UN MÉTODO DE PROGRAMACIÓN**, sino la **representación grafica más sencilla** de los verdaderos métodos de programación: C.P.M., PERT, ROY, SISTEMA DE PRECEDENCIAS.

No es posible hacer un **GANTT MEJORADO**, si no es partiendo de una programación realizada **por métodos adecuados** y mucho menos **recorrer el camino inverso**, es decir hacer un PERT, C.P.M., ROY o SISTEMA DE PRECEDENCIAS, partiendo de un GANTT MEJORADO.



Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero. Burgos. (B.I.C.)
Arquitectos: José manuel Álvarez Cuesta Javier Garabito López
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

CAPÍTULO 6

APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS ANALIZADOS A UN CASO PRÁCTICO DE OBRAS DE RESTAURACIÓN

“De nada sirve el correr; lo que conviene es partir a tiempo.”

Jean de la Fontaine

6.1. INTRODUCCIÓN

Para poder **comprobar la idoneidad** de cada uno de los métodos de **programación** anteriormente estudiados en **las obras de restauración** de monumentos vamos a realizar la programación de una obra de restauración concreta con cada uno de estos métodos y, posteriormente, analizaremos los resultados obtenidos en cada caso.

El proyecto de obra escogido como ejemplo es la restauración de la portada principal de la iglesia de **Santa María de Aranda de Duero, Burgos (Bien de Interés Cultural)**, uno de los monumentos más representativos de la ribera del Duero, proyecto que redacté y dirigí la ejecución de las obras junto con el arquitecto José Manuel Álvarez Cuesta y el aparejador Lucio Mata Ubierna.

El procedimiento es el siguiente:

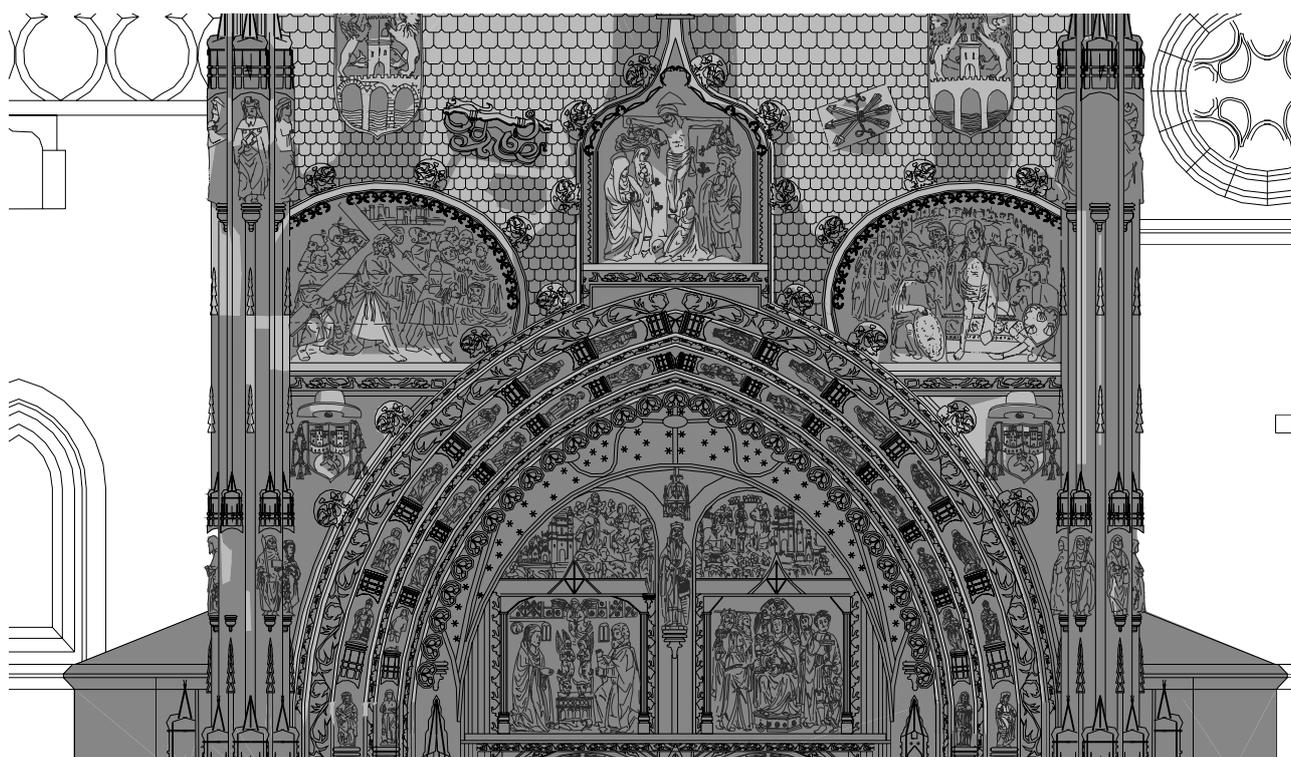
- Estudio del proyecto, en todos sus documentos (Planos, memoria, pliego de condiciones, mediciones y valoración, estudio de seguridad y salud)
 - Planificación del proyecto: División del proyecto en actividades, redacción de las fichas de las actividades con el establecimiento de las ligaduras entre éstas.
 - Elaboración del gráfico Gantt al uso, sin tener en cuenta la planificación.
 - Elaboración del gráfico Gantt pormenorizado, aplicando lo establecido en la planificación previa.
 - Programación con el método CPM.
 - Programación con el método Roy.
 - Programación con el Sistema de Precedencias.
 - Elaboración del gráfico Gantt mejorado, fruto de los sistemas del camino crítico.
 - Dibujo del cronograma
-

6.2. BREVE RESUMEN DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO, BURGOS

En este capítulo realizo un breve resumen del proyecto de restauración de la portada sur de Santa María de Aranda de Duero y la cubierta de la nave sur, para tener una visión general de cara a programar las obras de restauración.

Un **extracto del proyecto**, mucho más amplio, que incluye las partes más relevantes de la memoria, así como las mediciones y valoración, y los planos más representativos de la intervención se incluye en el **ANEXO 1**.

Primero estableceremos las patologías que le afectan, así como los agentes causantes de las mismas, y posteriormente, veremos los métodos de limpieza, reintegración y protección de los diferentes elementos que componen la portada.



Portada sur de Santa María de Aranda de Duero Burgos. (B.I.C.).

Detalle del plano de Proyecto: Estado actual (previo a la restauración) Sociedades.
Restauración del año 2001.

Arquitectos: José Manuel Álvarez Cuesta
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

Javier Garabito López

6.2.1. PATOLOGÍAS EXISTENTES

Las patologías que afectan a la **portada** de la iglesia de Santa María de Aranda de Duero son la que vienen afectando, en mayor o menor medida, a todos los edificios de estas características situados en nuestras ciudades:

- **La suciedad**, con depósitos de polvo, hollín y partículas procedentes de la contaminación o los excrementos de las palomas, en las zonas más protegidas de las fachadas, como debajo de los doseles, cornisas, arquivoltas, guardapolvos, estatuaria, etc., es decir en las zonas donde no llega el agua de lluvia y no se produce el lavado de las mismas.
- **Las humedades**, procedentes mayoritariamente del agua de lluvia, que provocan la degradación de la piedra, ya sea por lavado de la misma o por su combinación con otros agentes atmosféricos y medioambientales, como el viento, el hielo, o la presencia de anhídrido sulfuroso producido por las calefacciones e industrias del entorno.
- La presencia de humedad también provoca el crecimiento de **musgos y líquenes**, que a su vez permiten el crecimiento de plantas y pequeños arbustos.
- Presencia de **hierro** para el atado de los diferentes elementos de piedra que, con su **oxidación** ha provocado la fractura de la pieza que los contiene.
- **Presencia de morteros de cemento**, que en combinación con la humedad, provoca la formación de sales en la piedra caliza, y su consiguiente disgregación.
- La **pérdida de material** en las cornisas y guardapolvos provoca la circulación del agua por vías anómalas y la posterior degradación de la piedra afectada.

La **cubierta** de la nave lateral está formada por estructura de madera (es la única de toda la iglesia) y cubrición de teja cerámica sobre entablado de madera. La estructura se encuentra en general en buenas condiciones, con la excepción de la cabeza de algunos pares que presentan pudrición en la zona de contacto con el pesebrón de recogida de las aguas, debido a las filtraciones en el mismo. Las tejas presentan corrimientos y roturas parciales que permiten la entrada puntual de agua. La zona más delicada es la canaleta que recoge el agua de dicha cubierta, pues permite algunas filtraciones hacia el interior. Por otro lado, la presencia de un elevado número de aves en el entorno de la iglesia provoca la acumulación de depósitos que taponan la salida del agua de lluvia hacia la bajante, con la consiguiente entrada de humedad hacia el bajocubierta.

6.2.2. CRITERIOS DE INTERVENCIÓN

La **intervención prioritaria** consiste en la **limpieza y consolidación general de la portada**.

Si bien la **labor fundamental** a realizar en la **fachada** es la **limpieza, consolidación y protección** de todos los paramentos y detalles ornamentales, también **es necesaria la reintegración** de alguno de los elementos decorativos perdidos con el paso del tiempo, en especial de los que definen las líneas arquitectónicas básicas del conjunto, los cuales, por otra parte, se encuentran en aceptables condiciones.

Por tanto, en la descripción de los métodos de intervención, aparte de los diferentes sistemas de limpieza que se aplicarán, en función de los distintos grados de suciedad y la presencia o no de pátinas de color, y de los tratamientos de saneado, rejuntado y protección de las fábricas, hay un capítulo importante dedicado a la **reintegración de los elementos perdidos**, ya sea en piedra natural o con morteros de restauración, según los casos, que se realizará fundamentalmente en los elementos que lo necesiten desde el punto de vista constructivo y funcional.

Otra partida importante que, sin embargo, no se puede definir con mucha precisión en la documentación gráfica de proyecto, será la **sustitución de los anclajes metálicos oxidados**, pues el daño que producen en las fábricas es importante. Como ya se ha comentado anteriormente, su presencia es difícil de adivinar sin andamios, pero intuimos que su existencia habrá provocado ciertos daños.

Queremos destacar también el importante **daño producido por las palomas en la portada**, lo que nos lleva a proponer la colocación de un sistema de protección de alejamiento de estas aves.

También se acomete en la presente actuación la **reparación de la cubierta** de la nave sur.

6.2.3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.

PRECONSOLIDACIÓN Y LIMPIEZA PREVIA

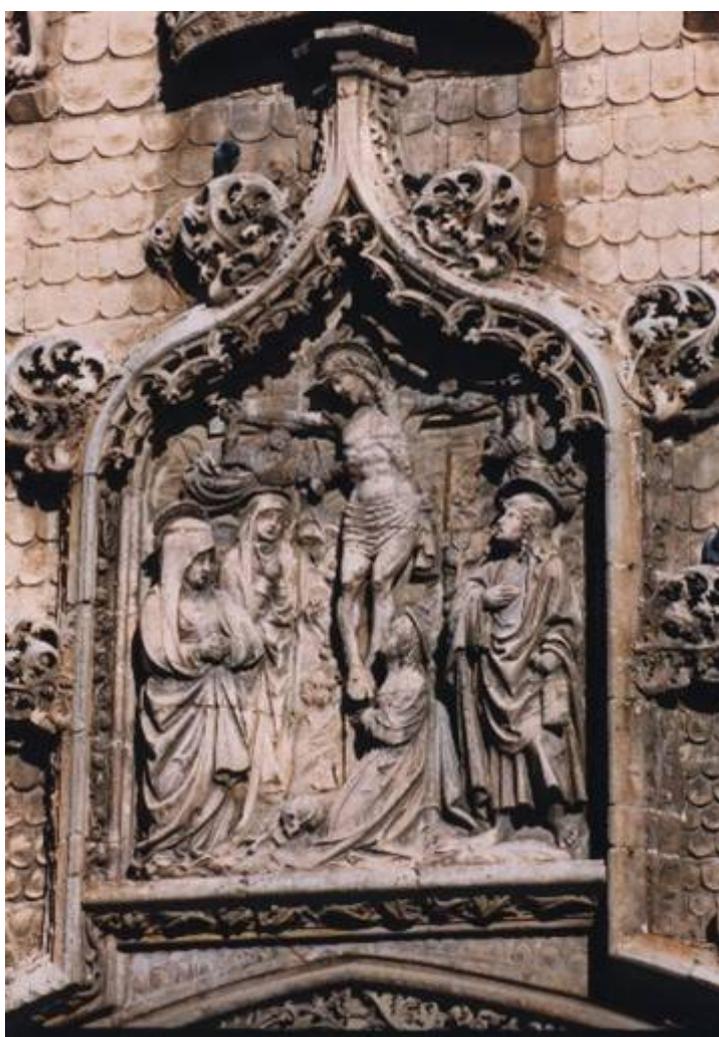
- Revisión general y limpieza de depósitos superficiales
 - En zonas decoradas y estatuaria sin pátina de color, preconsolidación.
 - Para la estatuaria y las zonas más delicadas: limpieza con sistema láser de los labios o entorno próximo de la zona descohesionada; preconsolidación; limpieza con sistema láser o papetas; consolidación y/o reintegración de la parte dañada.
 - En las zonas donde exista pátina de color, como el tímpano, aglomerar la superficie arenizada pero dejando permeable la base, para una posterior extracción de sales o una consolidación.
-

- Antes de proceder a la aplicación de los productos mencionados se realizarán los oportunos **ensayos** con el fin de determinar la idoneidad de los mismos, así como el método y las condiciones de aplicación más adecuados.

LIMPIEZA

a) Limpieza mecánica

- En las zonas cohesionadas, con microchorro de alta precisión.
- Sobre zonas delicadas, disolución conteniendo Agua/Alcohol/Amoníaco, ayudados con cepillos de cerda suave.
- En zonas altamente delicadas por su importancia siempre que no exista pátina de color, se utilizará LASER ARTLIGHT.



Portada sur de Santa María de Aranda de Duero Burgos. (B.I.C.).
Arco florenzano. Crucifixión. Se aprecia los lavados diferenciales de la portada.
Restauración del año 2001.

Arquitectos: José Manuel Álvarez Cuesta
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

Javier Garabito López

b) Limpieza química.

- En zonas donde existan concreciones negras, grasas, etc. se reblandecerán utilizando emplastos del tipo pasta AB-57.
- La limpieza de contaminantes grasos se realizará también mediante tamponado con disolventes orgánicos.
- Las costras altamente endurecidas y adheridas se eliminarán mediante aplicación de pasta de celulosa.
- Las sales superficiales, mediante sucesivas aplicaciones de papillas tipo atapulgita celulósica o sepiolita.
- Para la extracción de sales más profundas, disolución de Hidróxido de Bario.

c) Tratamiento biocida.

- Tratamiento algicida y funguicida.

TRATAMIENTO DE JUNTAS Y FISURAS.

- Saneado de todas las juntas de paramentos, elementos ornamentales, estatuaria, etc.
- Ensayos para hallar la proporción de las mezclas a utilizar.
- Todas las grietas y fisuras de la superficie de la piedra, se limpiarán y desengrasarán y se sellarán.

REPARACIÓN DE PIEZAS ROTAS.

- Reparación utilizando como adhesivo resinas epoxídicas o de poliéster, insertando espigas metálicas de acero inoxidable, bronce al manganeso o varillas de fibra de vidrio.
- Extracción y sustitución de las grapas metálicas fracturada.

CONSOLIDACIÓN

- Consolidación de las partes descohesionadas.

RENOVACIÓN Y REINTEGRACIÓN

- Elementos de evacuación de agua, cajeado y reposición en piedra.
- Renovación de sillares con pérdida de material superior al volumen a sanear.
- Las erosiones pequeñas mediante prótesis con piedra artificial.

HIDROFUGACIÓN Y PROTECCIÓN.

- Tratamiento de consolidación.
- En las zonas con pátina estable, no aplicar ningún producto.
- Estudio de los tratamientos de hidrofugación aplicados en la intervención en la portada en el año 1979.

EMPLOMADOS

- Impermeabilización de la terraza con la colocación de láminas de plomo.
-

RECUPERACIÓN DE LA POLICROMÍA DEL TÍMPANO

- Estudios estratigráficos de las diferentes partes que componen la portada.
- Recuperación en lo posible de los colores originales, eliminando los repintes y las pátinas de ocultación.

REPRODUCCIÓN DE LAS PUERTAS

- Las reproducciones se realizarán mediante molde y contramolde, ejecución de la pieza.
- Limpieza general en la puerta y un tratamiento consolidante y protector.

SISTEMA ANTI - PALOMAS.

- Instalación de un sistema electrostático.

CUBIERTAS

- Desmontado completo de la cobertura y entablado.
- Demolición de pares de madera dañados.
- Sustitución de estructura.
- Colocación de entablado y teja
- Encuentro de faldones con paramentos verticales y canaleta de desagüe, lámina de plomo.

DOCUMENTACIÓN Y TOMA DE DATOS

Durante las obras, se documentarán todas las operaciones a realizar.

Se realizarán los análisis y controles relatados a continuación, así como otros que pudieran surgir durante las obras, tales como extracción de muestras, realización de ensayos: físicos, químicos y petrográficos; estratigrafías, controles del proceso de tratamientos, fraguado y evolución de morteros, etc. En especial, se realizarán los siguientes:

- Ensayos con los morteros de rejuntado
 - Estratigrafías en diferentes zonas de la portada
 - Estudio de diferentes consolidantes e hidrofugantes para su aplicación
 - Estudio de los tratamientos de hidrofugación aplicados en 1979.
 - Localización y mapeado de los hierros ocultos.
-

6.3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Una vez estudiado y analizado profundamente el proyecto de obra podemos **realizar la planificación** del mismo.

Para ello, procedo a **definir las diferentes actividades** en las que se divide el proyecto, considerando también actividades no incluidas en las mediciones del proyecto, pero que son necesarias en la programación de la obra, como la preparación de la obra o los diferentes estudios que se realizarán durante la ejecución de la misma.

Cada actividad queda perfectamente definida en una ficha, en la que se recoge:

- Descripción de la actividad.
- Unidades de obra que componen la actividad, si es el caso.
- Maquinaria asignada a la actividad.
- Personal asignado a la actividad, número de equipos y personal que componen los mismos.
- Cálculo de la duración de la actividad
- Ligaduras de la actividad

El cálculo de la **duración de la actividad** lo he realizado **utilizando dos sistemas diferentes**:

1. Cuando **conocemos el rendimiento** del equipo asignado a la actividad, por jornada de trabajo, dividiendo la medición de la actividad entre este rendimiento y el número de equipos hallamos las jornadas de trabajo necesarias para ejecutar la actividad. Sumando las pérdidas consideradas por climatología, falta de suministro de materiales,... tenemos los días laborables, que transformaremos con un coeficiente en los **días naturales necesarios** para realizar la actividad.
2. **Si es muy complicado conocer los rendimientos o la medición**, estimaremos las jornadas de trabajo necesarias, aplicando posteriormente las pérdidas y el coeficiente de paso entre días laborables y naturales.

De este modo **elaboro las fichas** de todas las actividades.

Así con esta planificación, podremos realizar la programación de obra, empleando los diferentes métodos.

6.3.1. FICHAS DE ACTIVIDADES

PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO, BURGOS

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 1: REPLANTEO Y PREPARACIÓN DE LA OBRA

Descripción:

Replanteo de la obra. Vallado. Localización de casetas de obra e instalaciones de obra (cuadros de obra, toma de electricidad, agua). Acopios. Estudios de accesos y movimientos necesarios para la ejecución de obra (maquinaria, personal, ...). Implantación de la grúa. Señalización de prevención de riesgos laborales y medidas de seguridad (carteles, avisos, ...). Colocación del cartel de obra.

PERSONAL		
Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	1	1

DÍAS NATURALES			
DÍAS LABORABLES		COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
DÍAS DE TRABAJO ESTIMADOS	PÉRDIDAS	1,47	1
7	10%		
7,70			
11,32	REDONDEO →	12	Días naturales

LIGADURAS
ACTIVIDAD INICIAL

NOTA: Título de la actividad: En negrita, abreviatura usada en los gráficos

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 2: MONTAJE DE ANDAMIOS

Descripción: Montaje de andamio tubular normalizado.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
4.01	Montaje de andamio	m ²	300,00	4,79 €	1.437,00 €
TOTAL					1.437,00 €

MAQUINARIA

camión basculante
grúa

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
2	2	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES		COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
DÍAS DE TRABAJO ESTIMADOS	PÉRDIDAS		
6	10%	1,47	1
6,60			
9,70	REDONDEO →	10	Días naturales

LIGADURAS

Una vez finalizada la actividad 1 (Replanteo y Preparación de la Obra), comienza el montaje de los andamios.

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 3: LIMPIEZA DE DEPÓSITOS SUPERFICIALES

Descripción: Limpieza general primaria en seco, de depósitos superficiales, polvo y detritus de fachada de fábrica de cantería, mediante la aplicación de depresión de aire.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
1.03	Limpieza de depósitos superficiales	m ²	539,58	4,63 €	2.498,26 €
TOTAL			539,58 m²		2.498,26 €

MAQUINARIA

Equipo chorro aire presión

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	2	

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
539,58	50,00	10%	1,47	1
11,87				
17,45	REDONDEO →	18	Días naturales	

LIGADURAS

Cuando se ha finalizado el montaje de los andamios, actividad 2, comienzan los trabajos de limpieza de depósitos superficiales.

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 4: PRECONSOLIDACIÓN

Descripción: Preconsolidación superficial de fábricas ornamentadas descohesionadas y estatuaria antes de proceder a la limpieza de la misma. Preconsolidación y fijado de superficies de piedra donde se presume o detecta la existencia de pátinas originales.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
1.01	Preconsolidación de fábricas con	m ²	19,81	35,31 €	699,49 €
1.02	Preconsolidación de zonas con pátinas	m ²	9,30	21,47 €	199,67 €
TOTAL			29,11 m²		899,16 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	1	

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
29,11	6,00	10%	1,47	1
5,34				
7,85	REDONDEO →	8	Días naturales	

LIGADURAS

Previo a los trabajos de restauración se tiene que preconsolidar las partes descohesionadas de las fábricas y estatuaria. La actividad podrá comenzar 15 días después de comenzar la actividad 2 (Limpieza de depósitos superficiales) y finalizará al menos 5 días después de finalizar ésta.

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 5: LIMPIEZA COSTRA BIÓGÉNICA

Descripción: Eliminación manual de la costra biogénica mediante tratamiento biocida (fungicida-algicida)

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
1.04	Eliminación manual de la costra	m ²	78,61	3,72 €	292,43 €
TOTAL			78,61 m²		292,43 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	1	

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
78,61	100,00	10%	1,47	1
0,86				
1,27	REDONDEO		2	Días naturales

LIGADURAS

Finalizada la actividad 4 (Preconsolidación) comienza la actividad 5.

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 6: LIMPIEZA DE CONTAMINANTES GRASOS

Descripción: Limpieza puntual de diferentes contaminantes grasos persistentes a la acción de limpieza extensiva en seco en fachada de piedra, mediante la aplicación de emplastos de disolventes orgánicos

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
1.05	Limpieza contaminantes grasos	m ²	132,61	14,00 €	1.856,54 €
TOTAL			132,61 m²		1.856,54 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	2	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
132,61	25,00	10%	1,47	1
5,83				
8,58	REDONDEO →	9	Días naturales	

LIGADURAS

ACTIVIDAD INICIAL

Observaciones:

LIGADURAS

Una vez finalizada la actividad 5 (Limpieza de la costra biogénica) comienza la actividad 6 (Limpieza de contaminantes grasos).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 7: TRATAMIENTO DE EFLORESCENCIAS Y SALES

Descripción: Tratamiento de eliminación de eflorescencias, sales solubles e insolubles, sobre paños lisos de fábricas pétreas. Tratamiento puntual para la extracción de sales solubles e insolubles profundas, de las fábricas pétreas.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
1.07	Eliminación de eflorescencias	m ²	46,41	27,00 €	1.253,07 €
1.08	Extracción sales profundas	m ²	40,22	37,74 €	1.517,90 €
TOTAL			86,63 m²		2.770,97 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	2	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
86,63	10,00	10%	1,47	1
9,53				
14,01	REDONDEO →		14	Días naturales

LIGADURAS

Una vez finalizada la actividad **5** (Limpieza de la costra biogénica) e igualmente realizada la **Función Ajena 28** (Estudios iniciales) comienza la actividad **7** (Tratamiento de eflorescencias y sales).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 8: LIMPIEZA PROYECCIÓN PARTÍCULAS

Descripción: Limpieza en seco de paramentos lisos con suciedad persistente mediante la proyección de micro esferas de vidrio.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
1.06	Limpieza proyección partículas	m ²	413,96	26,91 €	11.139,66 €
TOTAL			413,96 m²		11.139,66 €

MAQUINARIA

Equipo de proyección

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	2	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
413,96	18,00	10%	1,47	1
25,30				
37,19	REDONDEO →	37	Días naturales	

LIGADURAS

Esta actividad genera una gran cantidad de polvo, muy nocivo para la salud, y que dificulta otro tipo de tratamientos de la piedra, por lo que no debe simultanearse con ninguna actividad que coincida en la misma zona de trabajo. Comienza cuando finalicen la actividad 7 (Tratamiento de eflorescencias y sales) y la actividad 6 (Limpieza de contaminantes grasos).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 9: SUSTITUCIÓN ANCLAJES METÁLICOS

Descripción: Extracción manual de los anclajes metálicos oxidados y sustitución por otros de acero inoxidable, con resina epoxídica

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
2.02	Sustitución anclajes metálicos	ud	101,00	65,98 €	6.663,98 €
TOTAL			101,00 m²		6.663,98 €

MAQUINARIA

Taladradora mecánica

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
2	1	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
101,00	4,00	10%	1,47	2
13,89				
20,41	REDONDEO →	21	Días naturales	

LIGADURAS

Una vez finalizada la actividad **8** (Limpieza proyección partículas) comenzamos con la actividad **11** (Tratamiento de juntas) y con la actividad **9** (Sustitución de anclajes metálicos) ya que estas actividades se realizan simultáneamente: Conforme se realiza la apertura y saneado de las juntas se sustituyen los anclajes metálicos oxidados.

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 10: RETACADO FÁBRICA SILLERÍA

Descripción: Sustitución de sillares de piedra muy deteriorados por otros labrados en piedra caliza de Hontoria.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
2.04	Retacado fábrica sillería	m ²	73,57	350,53 €	25.788,49 €
TOTAL			73,57 m²		25.788,49 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	2	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
73,57	6,00	10%	1,47	1
13,49				
19,83	REDONDEO →	20	Días naturales	

LIGADURAS

Una vez finalizada la actividad 8 (Limpieza proyección partículas) comenzamos con la actividad 10 (Retacado fábrica de sillería).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 11: TRATAMIENTO DE JUNTAS

Descripción: Eliminación de morteros de cemento o yeso, en juntas, recubrimientos y recrecidos, de antiguas intervenciones y de morteros originales que presenten un mal estado de conservación. Sellado de juntas de fábrica de sillería en piezas aparejadas, con mortero de cal de dosificación 1/3 entonado en su masa.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
1.10	Eliminación de juntas de mortero	m ²	539,58	13,44 €	7.251,96 €
1.11	Rejuntado mortero de cal 1:3	m ²	539,58	15,33 €	8.271,76 €
TOTAL			1.079,16 m²		15.523,72 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
2	2	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
1.079,16	15,00	10%	1,47	1
58,17	39,57			
58,17	REDONDEO →		58	Días naturales

LIGADURAS

Una vez finalizada la actividad **8** (Limpieza proyección partículas) comenzamos con la actividad **11** (Tratamiento de juntas). Deberá estar resuelta la **Función Ajena 29** (Estudios durante la ejecución de las obras) y terminadas las actividades **26** (Cobertura y remates) y **27** (Emplomado fábrica).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 12: LIMPIEZA EN SECO

Descripción: Aspiración del polvo producido en la limpieza por proyección de micro esferas de vidrio y limpieza de las zonas tratadas.

PERSONAL		
Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	1	2

DÍAS NATURALES			
DÍAS LABORABLES		COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
DÍAS DE TRABAJO ESTIMADOS	PÉRDIDAS		
8	10%	1,47	1
8,80			
12,94	REDONDEO →	13	Días naturales

LIGADURAS
Finalizada la actividad 8 (Limpieza por proyección de partículas) y concluida la apertura de juntas, 20 días después de comenzar la actividad 11 (Tratamiento de juntas) comenzamos esta actividad de limpieza de los residuos generados en las actividades anteriores y limpieza de las zonas tratadas, mediante cepillado, ... para continuar los tratamientos de la piedra..

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 13: REINTEGRACIONES

Descripción: Reintegración "in situ" de pequeñas pérdidas de volumen en elementos ornamentales y estatuaria con mortero de restauración con carga de piedra de Hontoria molida.
Reintegración con caliza de Hontoria de elementos fácilmente reproducibles.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
2.05	Reintegración mortero restauración	m ²	52,38	347,08 €	18.180,05 €
2.06	Reintegración con piedra caliza	m ³	30,08	1.060,53 €	31.900,74 €
TOTAL					50.080,79 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	2	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES		COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
DÍAS ESTIMADOS	PÉRDIDAS		
25	10%	1,47	1
40,43	27,50		
	REDONDEO →	41	Días naturales

LIGADURAS

Finalizada la actividad **10** (Retacado fábrica de sillería) puede comenzar la actividad. Esta actividad tiene que finalizar al menos 5 días antes de finalizar la actividad **16** (Consolidación superficial de fábricas). Antes de comenzarla, terminará la actividad **9** (Sustitución de anclajes metálicos).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 14: MICROCOSIDOS

Descripción: Microcosido sobre fábrica de piedra, mediante trenzado espacial de inyecciones de resina epoxi armadas con una varilla acero inoxidable.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
2.01	Microcosidos	m	45,00	34,64 €	1.558,80 €
TOTAL			45,00 m		1.558,80 €

MAQUINARIA

Taladradora mecánica

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	2	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
45,00	10,00	10%	1,47	1
7,28	4,95			
7,28	REDONDEO →	8	Días naturales	

LIGADURAS

Para comenzar la actividad **14** (Microcosidos) es necesario que hayan finalizado las actividades **12** (Limpieza paramentos en seco) y **10** (Tratamiento de juntas). Esta actividad se puede solapar perfectamente con la actividad **15** (Limpieza de fachada láser Artlight) ya que no hay interferencias entre éstas.

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 15: LIMPIEZA FACHADA LÁSER - ARTLIGHT

Descripción: Limpieza superficial mediante desincrustación fotónica por microresonancia superficial conseguida por radiación Láser Artlight.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
1.09	Limpieza fachada láser - artlight	m ²	88,02	294,50 €	25.921,89 €
TOTAL			88,02 m²		25.921,89 €

MAQUINARIA

Equipo láser

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
2	1	

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
88,02	1,70	15%	1,47	2
29,77				
43,76	REDONDEO →		44	Días naturales

LIGADURAS

Para comenzar la actividad **15** (Limpieza fachada láser Artlight) es necesario que hayan finalizado las actividades **12** (Limpieza paramentos en seco) y **11** (Tratamiento de juntas).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 16: CONSOLIDACIÓN SUPERFICIAL FÁBRICAS

Descripción: Consolidación de zonas descohesionadas en estatuaria y elementos ornamentales.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
2.03	Consolidación superficial fábricas	m ²	129,16	66,67 €	8.611,10 €
TOTAL			129,16 m²		8.611,10 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
2	1	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
129,16	5,00	10%	1,47	2
14,21				
20,89	REDONDEO →	21	Días naturales	

LIGADURAS

Una vez finalizada la actividad **15** (Limpieza fachada Láser Artlight) comenzamos esta actividad y terminará al menos 5 días después de la actividad **13** (Reintegraciones).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 17: HIDROFUGADO Y ENTONACIÓN DE FÁBRICAS

Descripción: Hidrofugado superficial de las piezas de evacuación del agua de lluvia, tales como cornisas, vierteaguas o guardapolvos. Tratamiento final de entonación e hidrofugación general de la fábrica de piedra, mediante la impregnación superficial de una solución de hidróxido de calcio y pigmentos naturales, veladura.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
2.07	Hidrofugado superficial fábrica	m ²	29,21	10,71 €	312,84 €
2.08	Entonación, veladura	m ²	501,98	10,87 €	5.456,52 €
TOTAL			531,19 m²		5.769,36 €

MAQUINARIA

Equipo pulverizador aerográfico

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
2	1	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
531,19	32,00	7%	1,47	1
8,88				
13,05	REDONDEO →	13	Días naturales	

LIGADURAS

Con esta actividad se concluye la restauración de las fábricas de la portada de Santa María, antes de comenzar deberán estar acabadas las actividades **16** (Consolidación superficial de fábricas) y **14** (Microcosidos) y realizada la **Función Ajena 30** (Reproducción estatua Santiago).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 18: RESTAURACIÓN PUERTA MADERA NOGAL

Descripción: Restauración de carpintería de madera de nogal, comprendiendo: limpieza en seco, sustitución de elementos deteriorados, recuperación de pequeños volúmenes perdidos, tapado de fendas, grietas y agujeros, consolidación superficial y protección final con cera microcristalina.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
4.09	Restauración puerta de madera de	m ²	14,80	128,36 €	1.899,73 €
TOTAL			14,80 m²		1.899,73 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	1	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
14,80	3,00	5%	1,47	1
5,18				
7,61	REDONDEO →		8	Días naturales

LIGADURAS

La actividad puede empezar una vez finalizada la actividad 17 (Hidrofugado y entonación de fábricas).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 19: REPRODUCCIÓN BAJORRELIEVES PUERTA

Descripción: Reproducción de los bajorrelieves de la puerta mediante: Negativo sobre pieza existente realizado in situ, con moldeante de silicona RTV elastómero, molde de estratificado de resina isostática de poliéster, armada con fibra de vidrio, para ejecución de reproducción de piezas ejecutadas con araldit madera, agentes tixotrópicos y aditivos especiales para textura y color.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
4.06	Negativo de silicona RTV	m ²	8,44	327,03 €	2.760,13 €
4.07	Molde refuerzo de poliéster	m ²	8,44	210,19 €	1.774,00 €
4.08	Reproducción pieza Araldit	m ²	8,44	302,64 €	2.554,28 €
TOTAL					7.088,42 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	3	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES		COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
DÍAS DE TRABAJO ESTIMADOS	PÉRDIDAS		
10	5%	1,47	1
10,50			
15,44	REDONDEO	16	Días naturales

LIGADURAS

Esta actividad, **Función Ajena**, consiste en reproducir los bajorrelieves de la puerta para posteriormente, con la puerta ya restaurada colocar las réplicas. La considero Función Ajena. Puede comenzar una vez terminada la actividad 1 (Replanteo y preparación de obra).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 20: MONTAJE BAJORRELIEVES PUERTA

Descripción: Montaje de la reproducción de los bajorrelieves de la puerta.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
	Montaje de bajorrelieves	Ud	1,00		0,00 €
TOTAL					0,00 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	2	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES		COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
DÍAS DE TRABAJO ESTIMADOS	PÉRDIDAS		
3	5%	1,47	1
4,63	3,15	5	Días naturales

LIGADURAS

La actividad **20** (Montaje bajorrelieves puerta) comenzará cuando haya concluido la actividad **18** (Restauración puerta madera nogal) y realizada la **Función Ajena 19** (Reproducción bajorrelieves).

PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO, BURGOS

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 21: SISTEMA ELECTROSTÁTICO ALEJAMIENTO AVES

Descripción: Sistema electrostático para el alejamiento de palomas y otras aves mediante la colocación de una instalación realizada con hilo de acero inoxidable, a través de la cual pasan unos impulsos periódicos cada segundo, de tensión estática y bajísima potencia, lanzados por uno o varios generadores, creando un campo electrostático a su alrededor de entre 20 y 100 cm.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
4.05	Sistema alejamiento aves	ud	1,00	10.802,65 €	10.802,65 €
TOTAL			1,00 m²		10.802,65 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	1	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES		COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
DÍAS DE TRABAJO ESTIMADOS	PÉRDIDAS		
20	5%	1,47	1
21,00			
30,87	REDONDEO →	31	Días naturales

LIGADURAS

La actividad tiene que comenzar cuando finalice la actividad 17 (Hidrofugado y entonación de fábricas)

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 22: DESMONTAJE DE ANDAMIOS

Descripción: Desmontaje de andamio tubular normalizado.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
4.02	Desmontaje andamio	m ²	300,00	1,60 €	480,00 €
TOTAL					480,00 €

MAQUINARIA

camión basculante
grúa

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
2	2	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES		COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
DÍAS DE TRABAJO ESTIMADOS	PÉRDIDAS		
50	10%	1,47	1
80,85	55,00		
	REDONDEO →	81	Días naturales

LIGADURAS

El desmontaje de andamios será la **ACTIVIDAD FINAL** de la obra y deberá comenzar cuando hayan terminado las actividades **21 (Sistema electrostático alejamiento aves)** y **20 (Montaje bajorrelieves puerta)**

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 23: DEMOLICIÓN CUBIERTA

Descripción: Demolición de cubrición de teja cerámica curva, entablado y estructura de cubierta.
Retirada de restos orgánicos, cascotes y restos de maderas.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
3.01	Demolición teja	m ²	196,08	11,34 €	2.223,55 €
3.02	Desmontado entablado	m ²	150,08	5,05 €	757,90 €
3.03	Desmontado estructura	m ²	150,08	8,15 €	1.223,15 €
3.04	Limpieza restos	m ²	150,08	1,83 €	274,65 €
TOTAL			646,32 m²		4.479,25 €

MAQUINARIA

grúa

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
2	1	2

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
646,32	18,00	10%	1,47	2
19,75				
29,03	REDONDEO		29	Días naturales

LIGADURAS

Una vez concluido el montaje de andamios se puede comenzar la actividad **23** (Demolición de cubierta). Los trabajos en las cubiertas no van a interferir la restauración de la portada por estar localizados en un plano superior a la portada y separados físicamente de ésta por la crestería.

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 24: ESTRUCTURA DE CUBIERTA

Descripción: Entramado de cerchas de madera de pino para armaduras de cubierta de secciones variables, con correas, durmientes y elementos de unión.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
3.05	Entramado cerchas	m ²	150,08	82,42 €	12.369,59 €
TOTAL			150,08 m²		12.369,59 €

MAQUINARIA

grúa

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	2	2

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
150,08	10,00	10%	1,47	1
16,51				
24,27	REDONDEO →		25	Días naturales

LIGADURAS

Doce días después de comenzar la actividad **23** (Demolición de la cubierta), considero que ya se puede comenzar la actividad **24** (Estructura de cubierta) siempre finalizando la actividad **24** al menos cinco días después de finalizar la actividad **23**.

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 25: ENTABLADO DE CUBIERTA

Descripción: Entablado de madera de pino de Soria, para formación de faldón de cubierta, con tabla de 24 mm. Ventana proyectante para tejados de teja.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
3.06	Entablado madera pino	m ²	150,08	16,69 €	2.504,84 €
3.12	Ventana cubierta	Ud	2,00	331,78 €	663,56 €
TOTAL			150,08 m²		3.168,40 €

MAQUINARIA

grúa

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	1	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
150,08	22,00	10%	1,47	1
7,50				
11,03	REDONDEO →	11	Días naturales	

LIGADURAS

Finalizada la actividad **24** (Estructura de cubierta) podemos comenzar la actividad **25** (Entablado de cubierta).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 26: COBERTURA Y REMATES DE CUBIERTA

Descripción: Cubrición de teja cerámica curva envejecida colocadas en hiladas paralelas al alero, clavadas sobre rastrel de madera de pino. Cumbre de tejas curvas cerámica. Encuentro de faldón de cubierta de teja con paramento. Canalón oculto de 0,50 m. de canal útil, para cubierta de chapa de plomo. Bajante redonda electrosoldada de zinc-titanio.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
3.07	Cobertura teja	m ²	196,08	34,17 €	6.700,05 €
3.08	Cumbre de teja	m	4,00	12,83 €	51,32 €
3.09	Encuentro faldón paramento	m	20,00	44,04 €	880,80 €
3.10	Canalón oculto plomo	m	15,00	41,64 €	624,60 €
3.11	Bajante zinc	m	13,00	23,33 €	303,29 €
TOTAL					8.560,06 €

MAQUINARIA

grúa

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	1	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES		COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
DÍAS DE TRABAJO ESTIMADOS	PÉRDIDAS		
20	10%	1,47	1
32,34	22,00	33	Días naturales

REDONDEO →

LIGADURAS

Seis días después de comenzar la actividad **25** (Entablado de cubierta), considero que ya se puede comenzar la actividad **26** (Cobertura y remates de cubierta) siempre finalizando la actividad **26** al menos veinte días después de finalizar la actividad **25**.

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 27: EMPLOMADO FÁBRICAS

Descripción: Impermeabilización de fábrica de piedra y terrazas mediante colocación de láminas de plomo de 3 mm. de espesor

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
4.04	Emplomado fábricas	m ²	32,93	96,73 €	3.185,32 €
TOTAL			32,93 m²		3.185,32 €

MAQUINARIA

PERSONAL

Nº DE EQUIPOS:	Nº OFICIALES/EQUIPO	Nº PEONES/EQUIPO
1	1	1

DÍAS NATURALES

DÍAS LABORABLES			COEFICIENTE DÍAS LABORABLES AÑO	Nº DE EQUIPOS
MEDICIÓN	RENDIMIENTO	PÉRDIDAS		
32,93	5,00	15%	1,47	1
7,57				
11,13	REDONDEO →		11	Días naturales

LIGADURAS

Una vez finalizada la actividad **25** (En tablado de cubierta) comenzamos con la actividad.

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 28: ESTUDIOS INICIALES

Descripción: Ensayos iniciales de la piedra (Heladicidad, absorción, resorción, caracterización de la piedra para comprobar que las piedras utilizadas para reintegraciones y retacados sean compatibles con las existentes, ...), de los morteros existentes, presencia de sales, catas de comprobación de existencia de policromías, ...

Nº de partida	Denominación		Medición	Precio unitario	Total
	Ensayos iniciales	Ud	1,00		
TOTAL					0,00 €

MAQUINARIA

1 DÍA NATURAL

LIGADURAS

Esta actividad es una **Función Ajena**. Previo a la restauración de la portada debemos tener todos los ensayos para concretar definitivamente los criterios de actuación, por lo que esta actividad puede empezar una vez que se han montado los andamios y tiene que estar finalizada antes de que se inicien los trabajos de restauración, antes de que comience la actividad 7 (Tratamiento de eflorescencias y sales).

PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 29: ESTUDIOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Descripción: Ensayos necesarios durante la ejecución de las obras: Ensayos de los morteros a utilizar previos a su uso, ensayos de hidrofugación con probetas de la piedra existente, ...

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
	Ensayos de morteros, hidrofugación	Ud	1,00		
TOTAL					0,00 €

MAQUINARIA

1 DÍA NATURAL

LIGADURAS

Esta actividad es una **Función Ajena**. Previo al uso de los morteros o hidrofugantes, por lo que esta actividad puede empezar una vez que se han montado los andamios y tiene que estar finalizada antes de que se utilicen los morteros o hidrofugantes, actividad 11 (Tratamiento de juntas).

**PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE
DUERO, BURGOS**

FICHAS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 30: REPRODUCCIÓN ESTATUA SANTIAGO

Descripción: Reproducción de la estatua de Santiago apóstol de la portada sur.

Nº de partida	Denominación	Unidad	Medición	Precio unitario	Total
	Reproducción estatua Santiago	Ud	1,00		0,00 €
TOTAL					0,00 €

MAQUINARIA

1 DÍA NATURAL

LIGADURAS

Esta actividad es una **Función Ajena**. Consiste en la reproducción y recolocación de la estatua de Santiago, situada en la portada, destrozada por la acción vandálica de un escalador francés ebrio. Es una actividad que se va a desarrollar en un local independiente de la obra, por lo que puede comenzar una vez concluido el montaje andamios, y tiene que finalizar antes de que comience la actividad **17** (Hidrofugado y entonación de fábricas).

6.3.2. RELACIÓN DE ACTIVIDADES CON SUS LIGADURAS.

nº	ACTIVIDAD	D	AP	Lig	n	AP	Lig	n	AP	Lig	n	AP	Lig	n
1	REPLANTEO Y PREPARACIÓN DE LA OBRA	12												
2	MONTAJE DE ANDAMIOS	10	1	F/C	0									
3	LIMPIEZA DE DEPÓSITOS SUPERFICIALES	18	2	F/C	0									
4	PRECONSOLIDACIÓN	8	3	C/C	15	3	F/F	5						
5	LIMPIEZA COSTRA BIOGÉNICA	2	4	F/C	0									
6	LIMPIEZA DE CONTAMINANTES GRASOS	9	5	F/C	0									
7	TRATAMIENTO DE EFLORESCENCIAS Y SALES	14	5	F/C	0	28	F/C	0						
8	LIMPIEZA PROYECCIÓN PARTÍCULAS	37	7	F/C	0	6	F/C	0						
9	SUSTITUCIÓN ANCLAJES METÁLICOS	21	8	F/C	0									
10	RETACADO FÁBRICA SILLERÍA	20	8	F/C	0									
11	TRATAMIENTO DE JUNTAS	58	8	F/C	0	26	F/C	0	27	F/C	0	29	F/C	0
12	LIMPIEZA EN SECO	13	8	F/C	0	11	C/C	20						
13	REINTEGRACIONES	41	9	F/C	0	10	F/C	0						
14	MICROCOSIDOS	8	11	F/C	0	12	F/C	0						
15	LIMPIEZA FACHADA LASER - ARTLIGHT	44	11	F/C	0	12	F/C	0						
16	CONSOLIDACIÓN SUPERFICIAL FÁBRICAS	21	15	F/C	0	13	F/F	5						
17	HIDROFUGADO Y ENTONACIÓN DE FÁBRICAS	13	14	F/C	0	16	F/C	0	30	F/C	0			
18	RESTAURACIÓN PUERTA MADERA NOGAL	8	17	F/C	0									
19	REPRODUCCIÓN BAJORRELIEVES PUERTA (F.A.)	16	1	F/C	0									
20	MONTAJE BAJORRELIEVES PUERTA	5	18	F/C	0	19	F/C	0						
21	SISTEMA ELECTROSTÁTICO ALEJAMIENTO AVES	31	17	F/C	0									
22	DESMONTAJE DE ANDAMIOS	5	20	F/C	0	21	F/C	0						
23	DEMOLICIÓN CUBIERTA	29	2	F/C	0									
24	ESTRUCTURA DE CUBIERTA	25	23	C/C	12	23	F/F	5						
25	ENTABLADO DE CUBIERTA	11	24	F/C	0									
26	COBERTURA Y REMATES DE CUBIERTA	33	25	C/C	6	25	F/F	20						
27	EMPLOMADO FÁBRICAS	11	25	F/C	0									
28	ESTUDIOS INICIALES (F.A.)	1	2	F/C	0									
29	ESTUDIOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS (F.A.)	1	2	F/C	0									
30	REPRODUCCIÓN ESTATUA SANTIAGO (F.A.)	1	2	F/C	0									

Abreviaturas

D	Duración
A.P.	Actividad precedente
Lig.	Ligadura
n	Desfase

6.4. PROGRAMACIÓN CON LOS DISTINTOS MÉTODOS ELEGIDOS

6.4.1. GRÁFICO GANTT AL USO.

Realizaremos la **programación** de las obras de restauración de Santa María de Aranda mediante un **diagrama Gantt**, sin aplicar una **planificación previa**, como suele ser habitual.

Fig. 6.1.

6.4.2. GRÁFICO GANTT CON PLANIFICACIÓN PREVIA

En este caso, **partiendo de la planificación previa**, vamos a realizar la programación de las obras de restauración de Santa María de Aranda mediante un **diagrama Gantt**.

Fig. 6.2.

6.4.3. MÉTODO CPM

Con la **planificación previa**, realizaremos la programación de las obras de restauración de Santa María de Aranda aplicando el **método CPM**.

Fig. 6.3.

6.4.4. MÉTODO ROY

Con la **planificación previa**, realizaremos la programación de las obras de restauración de Santa María de Aranda aplicando **el método Roy**.

1. Lo haremos **sin representación gráfica**, ya que como hemos dicho anteriormente no se necesita. Realizando la **Matriz de Cálculo** de la que se obtienen **los tiempos mínimos y máximos**, así como **la holgura total y libre** de cada una de las actividades y por lo tanto, **su criticidad**. Fig. 6.4.
 2. Igualmente, **realizamos el gráfico** correspondiente en la Fig. 6.5.
-

6.4.5. SISTEMA DE PRECEDENCIAS

Con la **planificación previa**, realizaremos la programación de las obras de restauración de Santa María de Aranda utilizando el **Sistema de Precedencias**.

Fig. 6.6.

6.4.6. GRÁFICO GANTT MEJORADO

Con la **planificación previa**, y los **resultados del método Roy**, reflejamos la programación de las obras de restauración de Santa María de Aranda mediante un **gráfico Gantt mejorado**. Igualmente se podría realizar este gráfico partiendo del CPM o del Sistema de Precedencias.

Fig. 6.7.

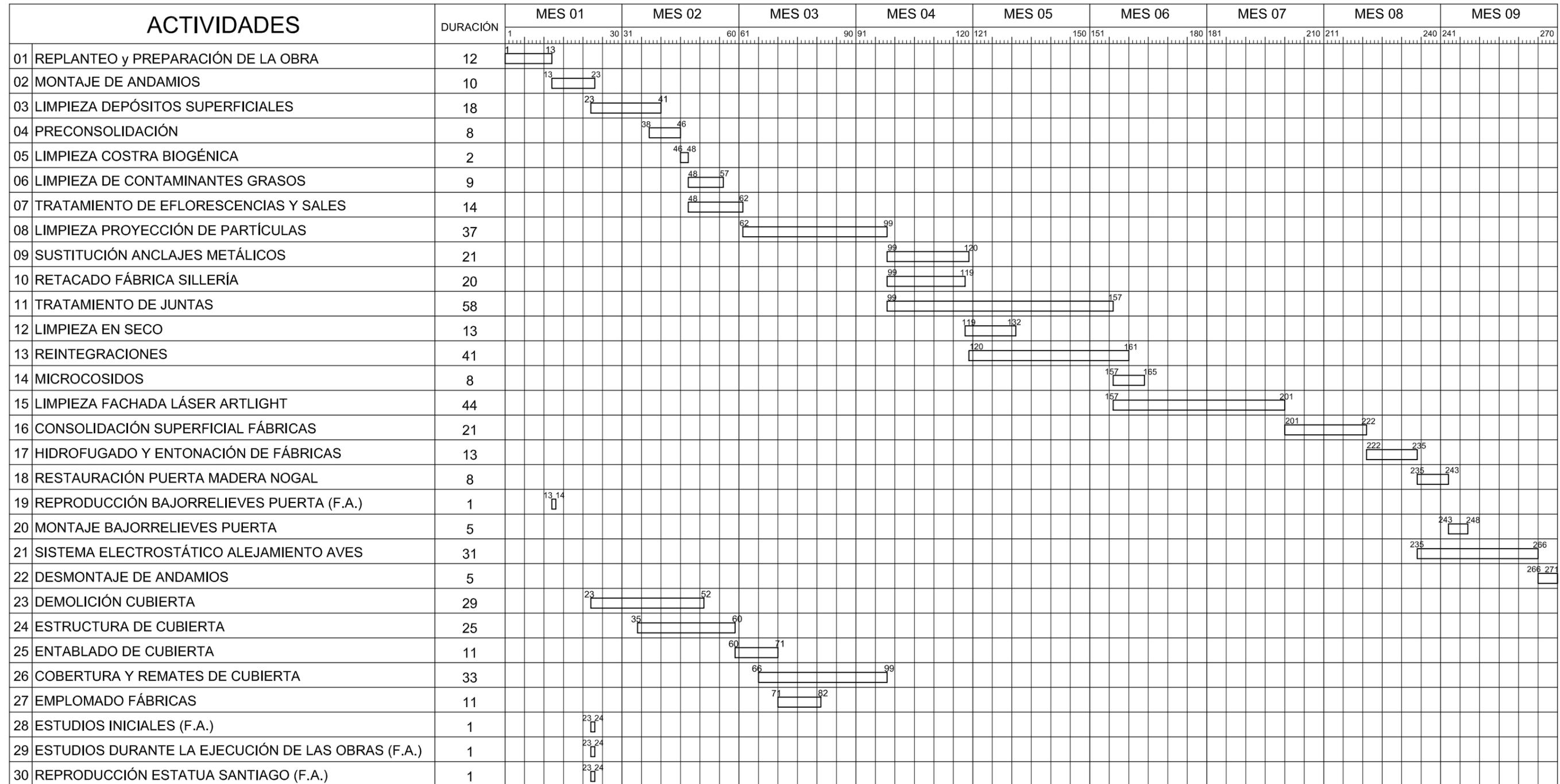
6.4.7. CRONOGRAMA

Con la **planificación previa**, y los **resultados del método Roy**, reflejamos la programación de las obras de restauración de Santa María de Aranda mediante un **Cronograma**. Igualmente se podría realizar este gráfico partiendo del CPM o del Sistema de Precedencias

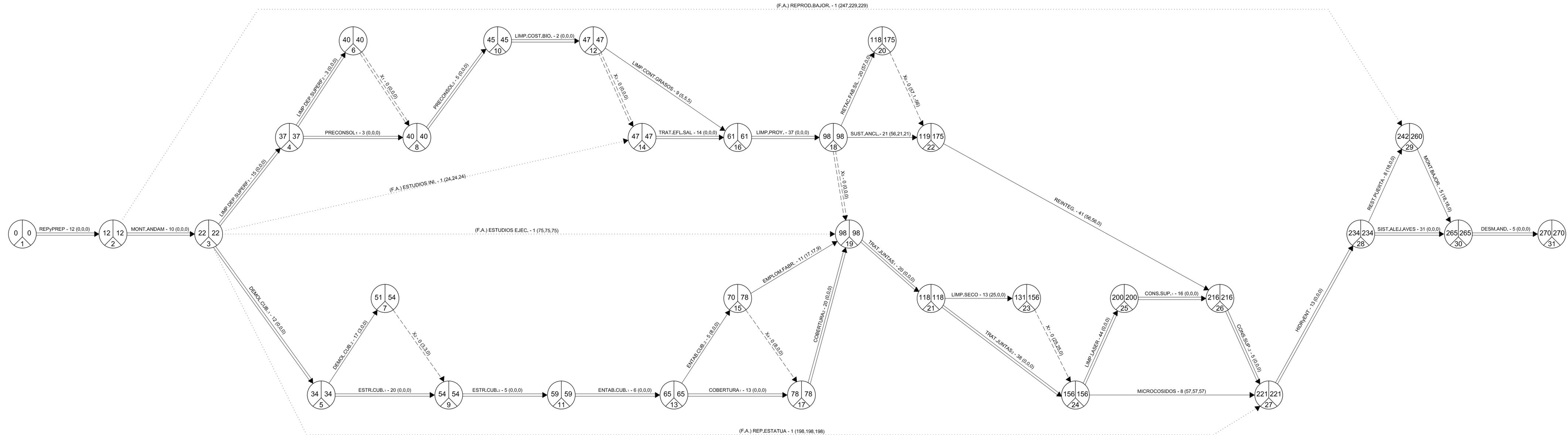
Fig. 6.8.

ACTIVIDADES		DURACIÓN	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06	MES 07	MES 08	MES 09	
01	LIMPIEZA PORTADA	180	[Barra de actividad]									
02	TRATAMIENTOS DE PORTADA	120				[Barra de actividad]						
03	CUBIERTA	75	[Barra de actividad]									
04	SISTEMA ELECTROSTÁTICO ALEJAMIENTO AVES	30								[Barra de actividad]		
05	RESTAURACIÓN PUERTA Y BAJORRELIEVES	30									[Barra de actividad]	
06	ANDAMIOS	270	[Barra de actividad]									

RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO. Fig.6.1. **GRÁFICO GANTT AL USO.**



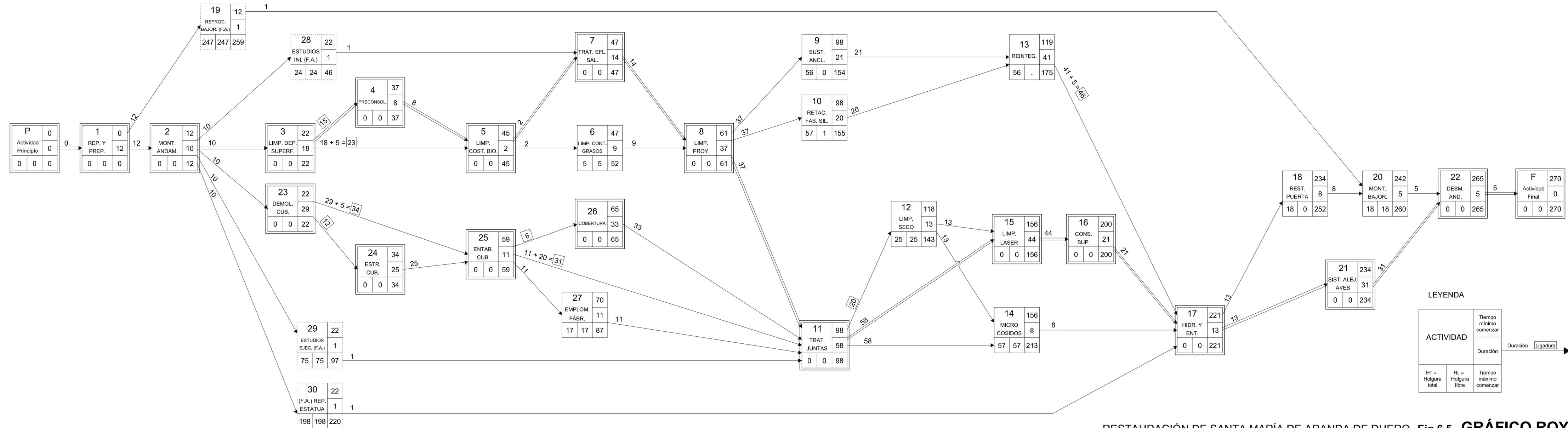
RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO. Fig.6.2. GRÁFICO GANTT CON PLANIFICACIÓN PREVIA.



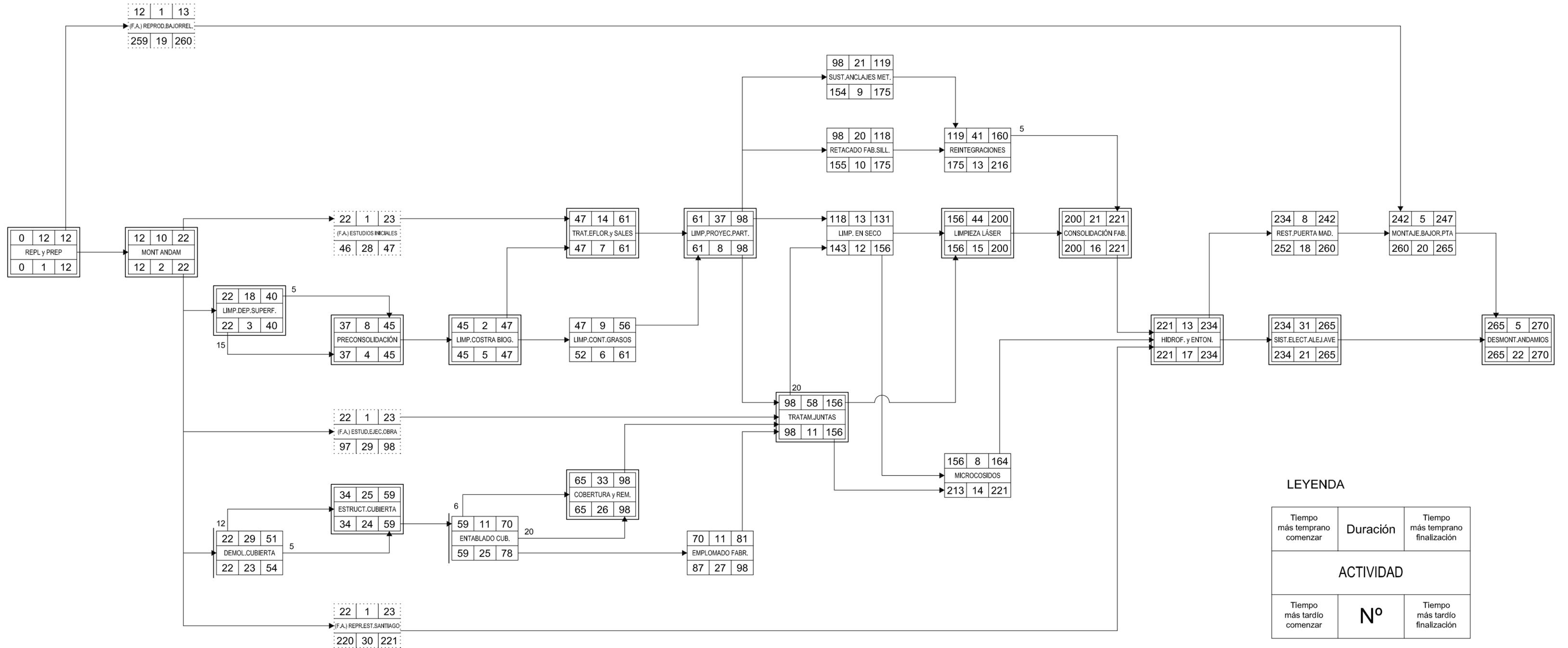
RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO. Fig.6.3. SISTEMA CPM

ACT	P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	F	T _E	T _L	H _T	H _L	ACT
P																																0	0	0	0	P	
1	0																															0	0	0	0	1	
2		12																														12	12	0	0	2	
3			10																													22	22	0	0	3	
4				15																												37	37	0	0	4	
5				23	8																											45	45	0	0	5	
6						2																										47	52	5	5	6	
7						2																						1				47	47	0	0	7	
8							9	14																								61	61	0	0	8	
9									37																							98	154	56	0	9	
10									37																							98	155	57	1	10	
11									37																31	33	11		1			98	98	0	0	11	
12									37		20																					118	143	25	25	12	
13										21	20																					119	175	56	56	13	
14											58	13																				156	213	57	57	14	
15											58	13																				156	156	0	0	15	
16															44																	200	200	0	0	16	
17														46	8		21													1		221	221	0	0	17	
18																		13														234	252	18	0	18	
19		12																														12	259	247	247	19	
20																			8	1												242	260	18	18	20	
21																		13														234	234	0	0	21	
22																						5	31									265	265	0	0	22	
23			10																													22	22	0	0	23	
24																								12								34	34	0	0	24	
25																								34	25							59	59	0	0	25	
26																																65	65	0	0	26	
27																																70	87	17	17	27	
28			10																													22	46	24	24	28	
29			10																													22	97	75	75	29	
30			10																													22	220	198	198	30	
F																																5				F	
T _L	0	0	12	22	37	45	52	47	61	154	155	98	143	175	213	156	200	221	252	259	260	234	265	22	34	59	65	87	46	97	220	270					

RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO. Fig. 6.4. MATRIZ DE CÁLCULO DE ROY



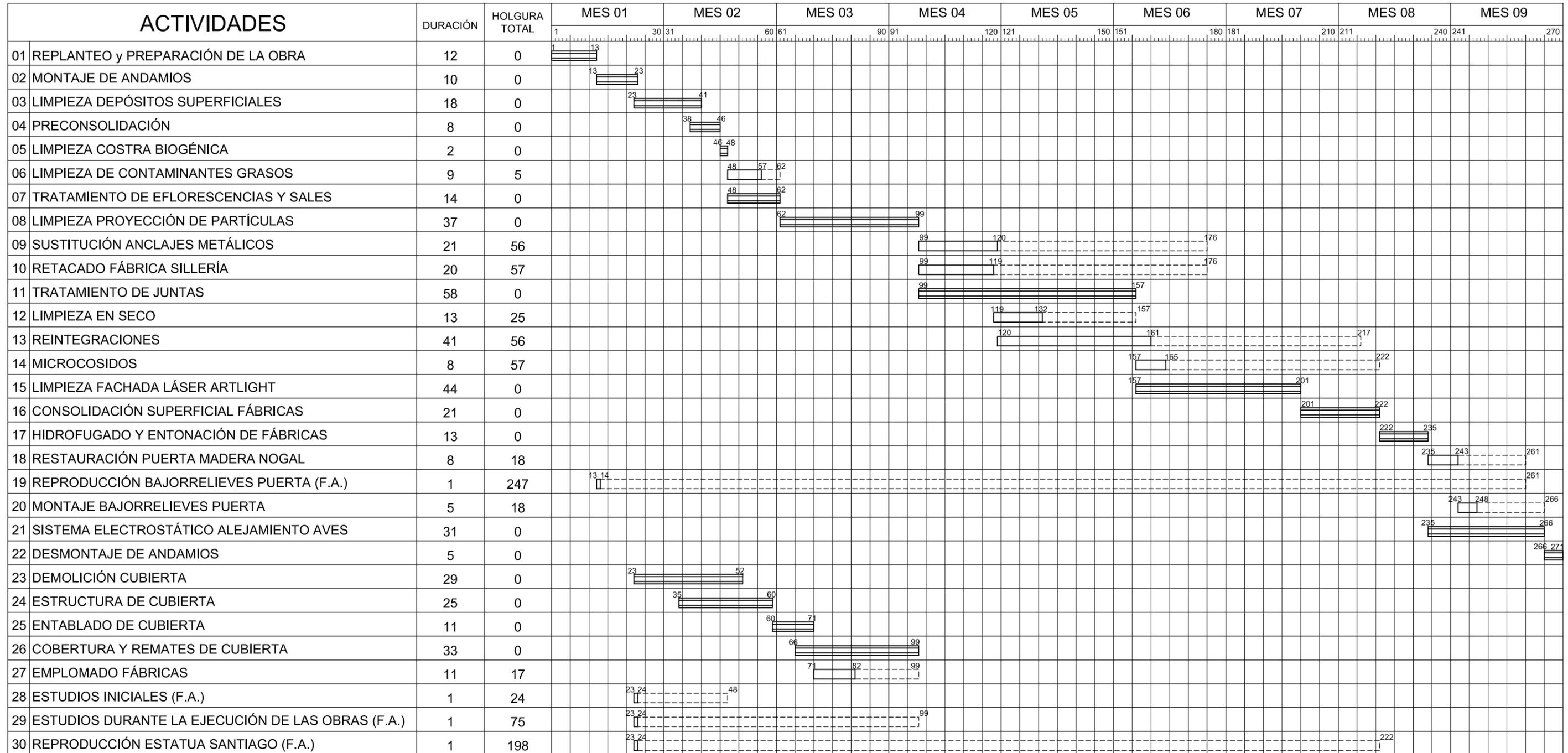
RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO. Fig.6.5. **GRÁFICO ROY.**



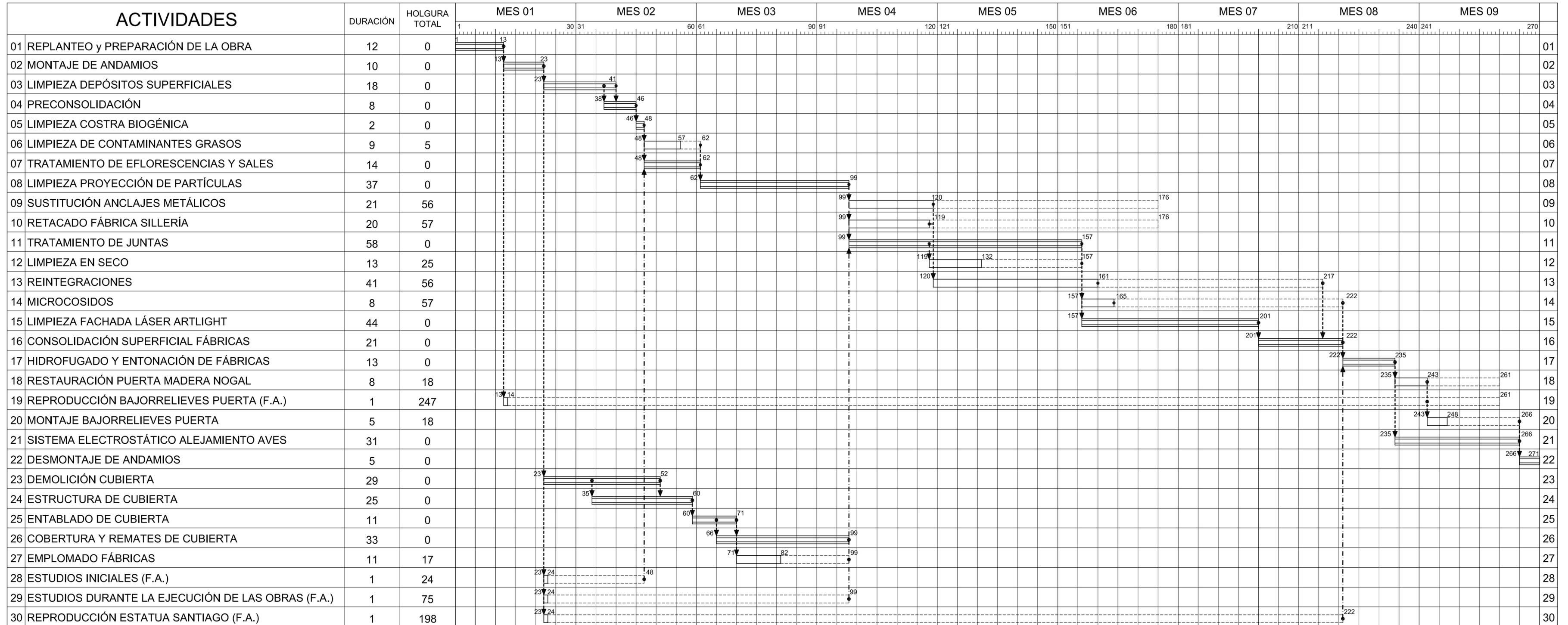
LEYENDA

Tiempo más temprano comenzar	Duración	Tiempo más temprano finalización
ACTIVIDAD		
Tiempo más tardío comenzar	Nº	Tiempo más tardío finalización

RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO. Fig.6.6. **SISTEMA DE PRECEDENCIAS.**



RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO. Fig.6.7. GRÁFICO GANTT MEJORADO.



RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO. Fig.6.8. CRONOGRAMA.

6.5. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE CADA UNO DE LOS MÉTODOS

6.5.1 CONSIDERACIONES RESPECTO A LOS GRÁFICOS DE TIPO GANTT Y CRONOGRAMAS.

Comenzaré por **aclarar** que en mi opinión **ninguno de estos métodos** (Gantt, Gantt mejorado, cronograma) **se debe considerar como auténtico método de programación** de las obras.

En el **mejor de los casos** (Gantt mejorado o cronograma) se limitan a ser una **representación gráfica** más sencilla de entender de los **atributos** de cada una de las **actividades, obtenidos** en la programación por alguno de los **métodos del camino crítico**.

1. El primer gráfico, **GANTT AL USO**, (**Fig. 6.1.**) es un ejemplo de lo que se **asume habitualmente** como **programa de obra**. Un gráfico Gantt realizado sin tener en cuenta una planificación previa, desglosando el proyecto en seis o siete actividades, que normalmente coinciden sustancialmente con los capítulos de las mediciones.

Este gráfico es totalmente **inoperativo**.

Nos hemos limitado a **situar en un diagrama de barras las actividades para cumplir con una fecha de terminación de la obra**, que siempre lo podemos hacer con el gráfico Gantt (solapando más o menos las actividades, acortando las duraciones, etc) ya que **no hay planificación previa**.

Estamos **realizando simultáneamente la planificación y la programación**.

El **análisis de las actividades es muy superficial**, la duración de las mismas es una estimación a ojo de buen cubero (un genio de la programación sería incapaz de establecer una duración razonada de unas actividades tan heterogéneas y con tanta diversidad de unidades de obra y recursos).

No se **reflejan las funciones ajenas**, tan importantes en las obras de **restauración**.

Es **imposible conocer las ligaduras entre las actividades**, hay que intuir las, tampoco cuál es la **ruta crítica**.

En el caso de cualquier incidencia en la obra es **imposible reprogramar** este gráfico, tendríamos que **realizar uno nuevo**, con las **mismas deficiencias**.

Con todo esto, **no considero que esta manera insustancial de programar**, muy habitual por desgracia, **sea seria o defendible**. En este punto sólo quiero mostrar el estado actual de la programación de las obras de restauración, en la que el programa es un documento para cumplir el expediente administrativo, sin ningún tipo de validez en la ejecución de la obra.

Sin más comentarios.

2. El segundo gráfico Gantt, **GANTT CON PLANIFICACIÓN PREVIA**, (Fig. 6.2.) es un **avance sustancial respecto del Gantt al uso**, ya que se ha realizado una **planificación razonada**, de modo que el **análisis de las actividades** es exhaustivo, y ya conocemos las **duraciones, ligaduras y recursos asignados** a las mismas, aunque como podemos comprobar las **ligaduras** no las podemos trasladar al gráfico y además **no conocemos las holguras y criticidad** de las actividades, **esencial** para realizar una **correcta programación e imprescindible** para poder **reprogramar** las obras.

Conocemos las **funciones ajenas**, pero están reflejadas de manera incorrecta.

3. El tercer gráfico tipo Gantt, **GANTT MEJORADO**, (Fig. 6.7.), refleja la programación realizada por un método de la ruta crítica, en este caso el **MÉTODO ROY**.

De este modo, **reflejamos la ruta crítica**, así como las **holguras** de las actividades y las **funciones ajenas** están **mejor representadas**. Todo ello obtenido en la programación con el **método Roy**.

El punto más débil es la **falta de conocimiento de las ligaduras** entre las actividades, y por ello **no es posible reprogramar** las obras. Si fuese necesario realizar una reprogramación durante la fase de ejecución de las obras, tendríamos que realizar ésta con el **método del camino crítico** del que se hubiera obtenido el **Gantt mejorado** y, a continuación, realizar el **nuevo Gantt mejorado** correspondiente.

4. En cuanto al **CRONOGRAMA**, (Fig. 6.8.), tiene todas las virtudes del **GANTT MEJORADO**, **reflejando además las ligaduras entre las actividades**, si bien **tampoco es posible realizar una reprogramación**, aunque las ligaduras obtenidas en el **método del camino crítico** utilizado estén recogidas en el cronograma, ya que para conocer los nuevos atributos de las actividades tendremos que emplear dicho método del camino crítico y, posteriormente, si interesa, realizar el **nuevo cronograma**.

Para el **control de las obras** en el que como hemos dicho reiteradas veces intervienen **personas no especializadas** en la programación de las obras, el **Gantt mejorado** y los **cronogramas** pueden ser de gran utilidad.

6.5.2. CONSIDERACIONES A LA PROGRAMACION REALIZADA POR LOS MÉTODOS DEL CAMINO CRITICO C.P.M., ROY Y SISTEMA DE PRECEDENCIAS

Aclaro que lo realizado es un **PROGRAMA BASICO**, el cual se ha ajustado por sucesivos tanteos al **plazo previsto**, y en el que **no se realizan la nivelación de los recursos** por las razones siguientes:

- 1º) Ser necesario el uso de **programas informáticos**, para realizar la nivelación.
- 2º) **No ser el objetivo** de esta tesis.
- 3º) Conocer que **todos los métodos del camino crítico** los admiten con **facilidad**.

Al aplicar los **métodos del camino crítico C.P.M., ROY, SISTEMA DE PRECEDENCIAS** en la **programación** de la intervención en la **restauración de SANTA MARIA DE ARANDA DE DUERO** partiendo de la **planificación** previamente realizada, se **pone de relieve** algunas de las **ventajas** e **inconvenientes** que se habían analizado al estudiar cada uno de estos métodos.

1. El C.P.M. grafico de la Fig. 6.3.

VENTAJAS

- a) La **información facilitada** en cuanto a las **holguras** y **criticidad** es de gran claridad.
- b) Las **funciones ajenas** se visualizan con exactitud y la necesidad de que estén resueltos en la fecha adecuada para que no **incidan** en el **plazo final** es de total precisión.
Ejemplo: F.A.- “Estudios iniciales”, fecha más temprana para hacerlos **22**, fecha más tardía para realizarlos **47**, a partir de esa fecha **nos retrasará** la actividad “Tratamiento de juntas” que es **crítica** y por lo tanto **el plazo final de la obra**.
- c) **La o las rutas críticas** se **determinan** con **total facilidad**.

INCONVENIENTES

- a) **Necesidad de fraccionar algunas actividades**, para poder proceder a realizar los **solapamientos** previstos en la **planificación**.
 - b) Ejemplo: “**La demolición de cubierta**” que debe **solaparse**, en sus comienzos y sus finales con la “**Estructura de cubierta**” nos obliga a **fraccionar** ambas actividades.
 - c) **Necesidad de realizar el grafico previamente** para **numerar los sucesos** y colocar **las actividades ficticias**, antes de proceder a calcular el calendario de los sucesos y las holguras de las actividades, con la consiguiente **duplicidad operativa**.
 - d) **Si necesitamos reprogramar**, cosa por otro lado habitual durante la ejecución de las obras, sobre todo en obras de **restauración**, lo enunciado anteriormente **se repetirá**.
-

2. EL ROY grafico de las Fig.6.4. y Fig. 6.5.

VENTAJAS

Además de mantener las ventajas enunciadas con las letras **a)**, **b)** y **c)** del **C.P.M.** tiene las siguientes de forma específica:

- a) **Las ligaduras y restricciones** que permite el ROY, hace **innecesario fraccionar** las actividades.
- b) **No necesita dibujar el grafico previamente**, para realizar los cálculos con el algoritmo del ROY y así **obtener toda la información**. Esto es debido a no necesitar las actividades ficticias, ni numerar los acontecimientos para realizar los cálculos. Como refleja la **Fig. 6.4**.
- c) Recoge **directamente las ligaduras y restricciones** que se habían previsto en **la planificación de la obra**.
- d) **La reprogramación**, caso de ser necesaria, se realizara con **mayor facilidad**.

INCONVENIENTES

- a) El **grafico puede resultar complejo** si el número de actividades y sus ligaduras es muy numeroso y a veces **dificulta su ejecución** y sobre todo su **lectura**. En el **caso que nos ocupa**, muy común por otra parte, **esto no se produce**.
- b) La necesidad de **colocar sobre los arcos** que representan las ligaduras, **los valores** de estas, que con frecuencia **no coinciden con la propia duración de la actividad**, puede representar una **dificultad para interpretar correctamente estos atributos** de las actividades, por personal no especializado en la programación de obras por este método.

3. SISTEMA DE PRECEDENCIAS grafico de la Fig. 6.6.

VENTAJAS

Tiene en la practica todas las **ventajas** que se han visto en el **método ROY**, pues los fundamentos y estructura grafica son muy parecidos.

INCONVENIENTES

La criticidad de las rutas son mucho **más confusas** y su **lectura** se hace **más imprecisa**, sobre todo si aparecen actividades que solo tienen **críticos sus comienzos** o **sus finales**.

En el caso que nos ocupa sucede en la **intervención de la cubierta**: Mientras las actividades de **demolición** y **el entablado** son **críticas** solo en **sus comienzos**; las actividades de **estructura** y **cobertura** son **críticas totales**, estando todas ellas en la **misma ruta**.

Esto representa un **grave inconveniente** sobre todo para su manejo en el **control de las obras**.



Restauración de la Iglesia de San Esteban de Los Balbases. Burgos. (B.I.C.)
Arquitectos: Javier Garabito López José Carlos Garabito López
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

CAPÍTULO 7

CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS EN FUNCIÓN DEL GRADO DE SATISFACCIÓN ALCANZADO

“El hombre que pretende ver todo con claridad antes de decidir, nunca decide.”

Henri Frédéric Amiel

7.1. INTRODUCCIÓN

En el **capítulo 3º** he analizado las **peculiaridades** de las actividades de las obras de restauración de los monumentos. Destacando como más significativas la aparición de los **imprevistos** y la necesidad de recurrir a las **funciones ajenas** para resolver con rigor todas estas contingencias de obra. Igualmente se han estudiado **otras circunstancias** de obra que, pudiendo ser comunes a otro tipo de edificación, **se presentan con especial intensidad** en este tipo de intervenciones, tales como: **climatológicas, uso simultáneo del edificio, alarma social, alta especialización del personal,...**

En el **capítulo 4º** he catalogado las **características** que **deben reunir los instrumentos** de programación de forma generalizada para su mejor **adecuación a las peculiaridades** vistas en el **capítulo 3º**.

En el **capítulo 5º** he realizado un **análisis comparativo de los instrumentos de programación** utilizados habitualmente, resaltando especialmente las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

Teniendo en cuenta todo lo visto en los capítulos anteriores y sobre todo el **comportamiento de cada uno de los métodos de programación en el ejemplo piloto llevado a cabo en el capítulo 6º** y analizando convenientemente las ventajas (puntos fuertes) e inconvenientes (puntos débiles) que cada instrumento presenta, hago la **clasificación ordenada** de cada uno de ellos en relación a las condiciones previamente establecidas en el **capítulo 4º**.

7.2. VALORACIÓN DE LOS MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN ANALIZADOS EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DESEADAS

He **cambiado el orden** de las condiciones establecidas para **resaltar las características** que consideraba fundamentales y **clasificarlas entre condiciones generales y condiciones que afectan especialmente a las obras de restauración**. De este modo las características que debe cumplir el método de programación son las siguientes:

1. Claridad de comprensión
2. Simplicidad de manejo
3. Facilitar la información adecuada
4. Facilidad para reflejar las ligaduras entre las actividades
5. Flexibilidad para introducir modificaciones en la programación
6. Facilidad para asimilar la información
7. Capacidad de análisis y síntesis
8. Representación gráfica de los instrumentos
9. Informatización de los distintos métodos
10. Reprogramación en el control de obra. Los imprevistos en la ejecución de la obra.
11. Incorporar las funciones ajenas

Las **primeras nueve condiciones son generales**, para todo tipo de obras, pero **las dos últimas son especialmente importantes** en las obras de **restauración**.

7.2.1. CLARIDAD DE COMPRENSIÓN

En esta característica valoro que el instrumento escogido refleje la información necesaria de planificación, programación y control de obra con la **mayor claridad posible**, para los distintos agentes implicados en la edificación no especializados en programación de obra.

De este modo, establezco, para esta característica, la siguiente clasificación, de **mayor a menor cumplimiento**:

1. Gantt
2. Gantt mejorado
3. Cronograma
4. Roy
5. Sistema de precedencias
6. CPM
7. PERT

A esta característica, de gran importancia en todo tipo de obras, la doy una valoración total de **10 puntos**.

7.2.2. SIMPLICIDAD DE MANEJO.

Por las mismas razones expuestas en el punto anterior, valoro la **simplicidad de manejo** del instrumento.

Así establezco, para esta característica, la siguiente clasificación, de **mayor a menor cumplimiento**:

1. Gantt
2. Gantt mejorado
3. Cronograma
4. Roy
5. Sistema de precedencias
6. CPM
7. PERT

Para esta característica, de suma importancia en todo tipo de obras, considero una valoración total de **10 puntos**.

7.2.3. FACILITAR LA INFORMACIÓN ADECUADA

Valoro que el instrumento aporte la información más conveniente, con facilidad de representación gráfica (**duraciones** de las actividades, **fechas** más temprana y más tardía para ejecutar las actividades, **plazo de ejecución** de la obra, **holguras** de las actividades, **ligaduras y restricciones** entre las actividades, **actividades críticas y rutas críticas** y subcríticas, valor de la obra ejecutada).

Así tengo la siguiente clasificación, de **mayor a menor cumplimiento**:

1. Roy
2. CPM
3. PERT
4. Sistema de precedencias
5. Cronograma
6. Gantt mejorado
7. Gantt

Para esta importante característica considero una valoración total de **10 puntos**.

7.2.4. FACILIDAD PARA REFLEJAR LAS LIGADURAS ENTRE LAS ACTIVIDADES

Dado que en las obras de restauración podemos tener diversos tipos de ligaduras, el instrumento de programación deberá recoger las **diversas relaciones entre las actividades**, de la forma más sencilla posible.

De este modo, establezco, para esta característica, la siguiente clasificación, **de mayor a menor cumplimiento**:

1. Sistema de precedencias
2. Roy
3. CPM
4. PERT
5. Cronograma
6. Gantt mejorado
7. Gantt

A esta característica la doy una valoración total de **10 puntos**.

7.2.5. FLEXIBILIDAD PARA INTRODUCIR MODIFICACIONES EN LA PROGRAMACIÓN

En este punto calificaré el instrumento que tenga flexibilidad para **introducir cambios** en la programación de las obras, en función de las circunstancias que se puedan producir, tanto en su **fase de programación**, como durante la ejecución de las mismas, teniendo en cuenta la especial importancia de esta característica para adaptar lo planificado a los **múltiples imprevistos** que sin duda surgirán durante la ejecución de las obras de restauración.

Así tenemos la siguiente clasificación, de **mayor a menor cumplimiento**:

1. Roy
2. Sistema de precedencias
3. CPM
4. PERT
5. Cronograma
6. Gantt mejorado
7. Gantt

Para esta característica considero una valoración total de **7 puntos**.

7.2.6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS INSTRUMENTOS

En esta característica calificaré que el instrumento de programación de obras sea susceptible de concretarse en su **gráfico** correspondiente, con su grado de **dificultad o facilidad de interpretación** de la información contenida en cada uno de ellos.

De este modo, establezco, para esta característica, la siguiente clasificación, de **mayor a menor cumplimiento**:

1. Gantt
2. Gantt mejorado
3. Cronograma
4. Roy
5. CPM
6. PERT
7. Sistema de precedencias

Para esta característica considero una valoración total de **7 puntos**.

7.2.7. INFORMATIZACIÓN DE LOS DISTINTOS MÉTODOS

Valoro la facilidad que cada uno de los métodos presente para su **desarrollo por medios informáticos**.

Así tengo la siguiente clasificación, de **mayor a menor cumplimiento**:

1. Roy
2. Sistema de precedencias
3. CPM
4. PERT
5. Cronograma
6. Gantt mejorado
7. Gantt

Para esta característica considero una valoración total de **7 puntos**.

7.2.8. FACILIDAD PARA ASIMILAR LA INFORMACIÓN

En esta característica se valorará que el instrumento de planificación, programación y control de obra sea capaz de mostrar con facilidad **la información necesaria** para el correcto desarrollo de la obra.

Así tengo la siguiente clasificación, de **mayor a menor cumplimiento**:

1. Roy
2. CPM
3. PERT
4. Sistema de precedencias
5. Cronograma
6. Gantt mejorado
7. Gantt

Para esta característica considero una valoración total de **5 puntos**.

7.2.9. CAPACIDAD DE ANÁLISIS Y SÍNTESIS

En este punto calificaré la capacidad del instrumento de programación para facilitar **el análisis de la información en él contenida**, y facilitar la **síntesis de las conclusiones** que afectan a la programación de la obra.

De este modo tenemos la siguiente clasificación, de **mayor a menor cumplimiento**:

1. Roy
2. Sistema de precedencias
3. CPM
4. PERT
5. Cronograma
6. Gantt mejorado
7. Gantt

Para esta característica considero una valoración total de **4 puntos**.

7.2.10. REPROGRAMACIÓN EN EL CONTROL DE OBRA. LOS IMPREVISTOS EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

En esta característica se valorará la facilidad para **reprogramar** los **trabajos aún no realizados** en el control de obra, cuando varíen los plazos de finalización y de inicio de las actividades debido a los **imprevistos**.

Así tengo la siguiente clasificación, de **mayor a menor cumplimiento**:

1. Roy
2. Sistema de precedencias
3. CPM
4. PERT
5. Cronograma
6. Gantt mejorado
7. Gantt

Para esta importante característica, sobre todo en las obras de **restauración**, considero una valoración total de **15 puntos**.

7.2.11. INCORPORAR LAS FUNCIONES AJENAS

El método de programación deberá incorporar generalmente las **funciones ajenas**, tanto las **previstas** desde la redacción del proyecto, como las **desconocidas** en el momento de redactar el proyecto y que son consecuencia de los **imprevistos**.

De este modo tengo la siguiente clasificación, de **mayor a menor cumplimiento**:

1. Roy
2. Sistema de precedencias
3. CPM
4. PERT
5. Cronograma
6. Gantt mejorado
7. Gantt

Para esta característica **vital en las obras de restauración**, considero una valoración total de **15 puntos**.

7.3. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN ANALIZADOS EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DESEADAS.

Una vez hecha esta clasificación y realizada la valoración que cada una de estas características me merece, daré una puntuación a cada uno de los instrumentos en función del **grado de satisfacción** que a mi juicio razonado, presenta para cada una de las condiciones establecidas.

La presentación la realizo en el **cuadro 7.1**.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MÉTODOS		VALORACIÓN	MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN						
			GANTT	CPM	PERT	ROY	Sistema de precedencias	GANTT mejorado	Cronograma
1	Claridad de comprensión	10	10	6	5	8	7	10	9
2	Simplicidad de manejo	10	10	5	5	7	6	10	9
3	Facilitar la información adecuada	10	2	8	8	10	7	4	6
4	Facilidad para reflejar las ligaduras entre las actividades	10	0	7	7	9	10	0	4
5	Flexibilidad para introducir modificaciones en la programación	7	0	5	5	7	6	0	0
6	Representación gráfica de los instrumentos	7	7	5	5	6	5	7	7
7	Informatización de los distintos métodos	7	0	5	5	7	6	0	0
8	Facilidad para asimilar la información	5	1	4	4	5	3	2	3
9	Capacidad de análisis y síntesis	4	0	2	2	4	3	1	2
10	Reprogramación en el control de obra.	15	0	10	10	15	12	0	0
11	Incorporar las funciones ajenas	15	0	12	12	15	15	3	8
TOTALES		100	30	69	68	93	80	37	48

Cuadro 7.1.

Con los resultados de dicho cuadro, podemos comprobar que **el método que mejor se adapta para las obras de restauración es el método Roy**, que tiene los **puntos débiles**, por otro lado **comunes al resto de los métodos del camino crítico**, de la **claridad de comprensión y de la simplicidad de manejo** (exige un técnico con conocimientos de programación de obra).

Para subsanar esta deficiencia considero lo más adecuado **trasladar los resultados del Roy a un cronograma**, para facilitar su comprensión durante la obra, siempre teniendo en cuenta que el instrumento de programación y sobre todo de **reprogramación es el método Roy**, y el **cronograma** es meramente un **gráfico para facilitar la asimilación de la información** a los agentes responsables de la restauración no versados en técnicas de programación.



Restauración de la Iglesia de San Lorenzo, Burgos.
Arquitectos: Javier Garabito López José Carlos Garabito López
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

CAPÍTULO 8

NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN. CONCLUSIONES.

“Me interesa el futuro porque en él voy a pasar el resto de mi vida.”

Charles F. Kettering

8.1. NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

1. Plantear y desarrollar la **viabilidad del método Roy con tiempos aleatorios o probabilísticos**, como complemento de los tiempos determinísticos calculados o ciertos que se usan comúnmente, para cubrir las actividades con duración estimada.
2. **Creación de un programa informático que transforme automáticamente la programación realizada con el método Roy en un cronograma de más fácil asimilación e interpretación por los agentes implicados en edificación no especializados en programación.**

8.2. CONCLUSIONES

Una vez **finalizada la tesis**, puedo extraer de la misma las siguientes **conclusiones**:

1. En las obras de **nueva planta** es **conveniente** realizar una **programación** de obra real y coherente. En las obras de **restauración** es **absolutamente imprescindible**, para realizar intervenciones de **calidad**, por la complejidad de estas actuaciones.
 2. Las **administraciones públicas** deberían **replantearse la imposición de plazos** de entrega **en las obras de restauración** y, menos aún, favorecer **el acortamiento de los plazos** de entrega en los pliegos de condiciones de los concursos de las obras de **restauración**, al no estar soportados estos **acortamientos** en ninguna **planificación y programación rigurosa** que los justifique.
 3. Para realizar lo dicho en la segunda conclusión, se debería **exigir** que en la **fase de redacción del proyecto** se realizase adecuadamente **la planificación y programación de las obras de restauración**, como un documento más del proyecto (como los estudios de seguridad y salud, por ejemplo). De este modo, el **plazo de ejecución** obedecería a criterios **rigurosos y objetivos y, durante la ejecución de las obras, el programa previsto sería un instrumento de control válido** para comprobar el correcto desarrollo de la restauración
 4. En la **planificación y programación** de las obras de **restauración** se **tendrían que incluir las funciones ajenas conocidas**, que afectan a los diversos agentes implicados en la restauración, para que estas partes, **externas a la dirección facultativa, tuvieran conciencia de su importancia en la obra** y supieran cuándo deben realizar sus funciones y, sobre todo, conociesen los **posibles retrasos** de obra provocados por la tardanza, a veces injustificada, en resolver estas **funciones ajenas**.
 5. Analizados los **diferentes instrumentos de programación**, el método que **mejor se adecua** a las peculiaridades de las **obras de restauración** es el **MÉTODO ROY**. Como este sistema tiene en común con todos los métodos del camino crítico la dificultad de comprensión de la información facilitada, los resultados se deberían **reflejar en un CRONOGRAMA**.
-



Redacción del Plan Especial del Casco Histórico de Covarrubias. (Burgos)
Arquitectos: Javier Garabito López Amparo Bernal López-San Vicente

BIBLIOGRAFÍA

“Algunos libros son inmerecidamente olvidados; ninguno es inmerecidamente recordado.”

Wystan H. Auden

ANITZINE, CÉSAR. “*Organización, programación y control de obras*”. Servicio de publicaciones Escuela Politécnica Universidad de Burgos.

ACKOFF, R y SASIENI, M. (1971) “*Fundamentos de la investigación de operaciones*”. Limusa-Wiley.

BERGE, C. (1967). “*Teoría de las redes y sus aplicaciones*”. CECSA.

BERMAN, E. B. (1964). “*Resource Allocation in PERT Network under Continuous Activity Time Cost Functions*”. Management Science.

BIELSA PADILLA, RICARDO. (1975). “*Organización, programación y control de obras*”. Universidad Politécnica de Madrid.

BRANDI, CESARE. (2002). “*Teoría de la Restauración*”. Alianza Editorial S.A.

BURSTEIN, DAVID y STASIOWSKI, FRANK. (1996) “*Project Management. Manual de Gestión de Proyectos para Arquitectos, Ingenieros e Interioristas*”. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona.

CAPITEL, ANTÓN. (1988). “*Metamorfosis de monumentos y teorías de la restauración*”. Alianza Editorial. Madrid.

CATALYTIC CONSTRUCTION COMPANY. (1970). “*Método del camino crítico*”. Editorial Diana.

COMAS, JOSÉ ANTONIO. (1995). “*Organización y control de obras de edificación*”. Editorial Entinema. Madrid.

COMPANYS PASCUAL, RAMÓN y COROMINAS SUBÍAS, ALBERT. (1988). “*Planificación y rentabilidad de proyectos industriales*”. Marcombo S.A. Barcelona

FERNÁNDEZ PIRLA, SANTIAGO. (1995). “*Gestión y organización de obras*”. Servicio de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

GARCÍA RUIZ, GONZALO. (1999). “*Organización de Obra*”. Grupo Editorial Ceac. Barcelona.

GARCÍA VALCARCE, A.; SÁNCHEZ-OSTÍZ GUTIÉRREZ, A.; GONZÁLEZ MARTÍNEZ P.; CONRADI GALNARES, E. Y LÓPEZ MARTÍNEZ J. A. (2004) *“Manual de Dirección y Organización de obras”*. Cie Inversiones Editoriales Dossat 2000.

GONZÁLEZ MORENO – NAVARRO, ANTONI (1999). *“La restauración objetiva. (Método SCCM de restauración monumental) Memoria SPAL 1993 – 1998”*. Diputación de Barcelona.

HARRIS ROBERT, B. (1983) *“Técnicas de redes de flechas y precedencias para construcción”*. Editorial LIMUSA S.A. México.

HARRIS, FRANK y McCAFFER, RONALD. (1995) *“Construction Management. Manual de Gestión de Proyecto y Dirección de Obra”*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona.

KAUFMANN, A y DESBAZEILLE, G. (1965) *“Método Del camino crítico”*. Editorial Sagitario.

KELLEY, J. E. y WALTER, M. (1959) *“Critical Path Planning and Scheduling. Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference”*.

LISASARRAGUE, J. (1972). *“Qué es el PERT”*. Ediciones Guadiana.

MATEOS PERERA, JESÚS. (2003). *“La programación en la construcción. El PERT en versión completa”*. (2ª edición ampliada y revisada). BELLISCO, Ediciones Técnicas y Científicas.

MILLER, R. W. (1967). *“Aplicaciones del método PERT al control de proyectos, costes y beneficios”*. Ediciones del Castillo.

MUNIER, N. J. (1973). *“PERT, CPM y técnicas relacionadas”*. Prolam.

OLIVER PINA, JESÚS. (1998). *“Planificación y seguimiento de obras”*. Servicio de publicaciones Escuela Politécnica de Valencia.

ORDIERES DÍEZ, ISABEL (1995). *“Historia de la restauración monumental en España (1835 -1936)”*. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Ministerio de Cultura. Madrid.

ORDOÑEZ, JOSÉ LUIS. (1997). *“Planificación de Obras”*. Grupo Editorial Ceac. Barcelona.

POGGIOLI, P. (1976). *“Aplicación práctica del método PERT”*. Editores Técnicos Asociados.

POMARES MARTÍNEZ, JUAN. (1977). *“Planificación gráfica de obras. Gantt – C.P.M. – P.E.R.T. – Roy ...”*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona.

POMARES, JUAN. (1988). *“La organización en la construcción”*. Universidad Politécnica de Canarias.

PORE, P. (1976). *“Planificación moderna con el empleo del PERT”*. Hispano Europea.

RIVERA BLANCO, JAVIER. (2001). *“De Varia Restauratione. Teoría e Historia de la Restauración Arquitectónica”*. R&R. Editorial América Ibérica.

RIVERA BLANCO, JAVIER; VV. AA. (1999). *“Patrimonio, restauración y nuevas tecnologías: Proyecto Piloto Urbano Valladolid”*. Instituto Español de Arquitectura. Universidad de Valladolid.

ROMERO LÓPEZ, CARLOS. (1983). *“Técnicas de Programación y Control de proyectos”*. (2ª edición corregida). Ediciones Pirámide, S.A. Madrid.

ROY, B. (1970). *“Problèmes d'ordonnement et Ensembles de Potentiels sur une Graphe”*. Dunod.

RUSKIN, JOHN. (2000). *“Las siete lámparas de la arquitectura”*. (4ª edición renovada). Editorial Alta Fulla. Barcelona.

SANCHEZ RODRÍGUEZ, M. (1977). *“Técnicas del PERT aplicadas a la construcción. Tiempos / Costes”*. Ediciones Ceac, S.A. Barcelona.

STILIAN, G. N. (1973). *“PERT, un nuevo instrumento de planificación y control”*. Ediciones Deusto. Bilbao.

V. V. A. A. (1999). *“Teoría e historia de la Rehabilitación”* (Tomo I del Tratado de Rehabilitación). Editorial Munilla Lería. Departamento de Construcción. Universidad Politécnica de Madrid.

VIOLLET-LE-DUC, EUGÈNE-EMMANUEL. (1996). *“La construcción medieval”* (artículo “Construcción” del *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*). Instituto Juan de Herrera. Madrid.

WIEST, J. D. (1966). *“Heuristic Programs for Decision Making”*. Harvard Business Review.

WIEST, J. D. (1967). “*A Heuristic Model for Scheduling Large Projects with Limited Resources*”. Management Science. Volúmen 13.

WIEST, J. y LEVY, F. (1972). “*Técnicas PERT y CPM*”. Paraninfo.

YU CHUEN-TAO, LUIS. (1980). “*Aplicaciones prácticas del PERT y CPM*”. (5ª Edición). Ediciones Deusto. Bilbao.

ZADERENKO, S. G. (1968). “*Sistemas de programación por camino crítico*”. Editorial Librería Mitre.



Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero. Burgos. (B.I.C.)
Arquitectos: José manuel Álvarez Cuesta Javier Garabito López
Aparejador: Lucio Mata Ubierna

ANEJO 1.

EXTRACTO DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO

EXTRACTO DE LA MEMORIA

MEMORIA

1.- INTRODUCCIÓN

Se realiza el presente proyecto por encargo de la parroquia de Santa María la Real de Aranda de Duero, con el objeto de describir las diferentes alteraciones y patologías que presenta la portada de la iglesia, así como justificar y valorar los diferentes métodos e intervenciones previstas para atajar los problemas que le afectan

Igualmente, deberá servir para la tramitación administrativa de dicha obra, mediante la solicitud de las licencias y permisos necesarios para acometer dicha intervención.

El proyecto ha sido redactado por los Arquitectos José Manuel Álvarez Cuesta y Javier Garabito López, con la colaboración del Aparejador Lucio Mata Ubierna. En la redacción de la memoria histórica ha colaborado María Luisa de Vega Cubero, licenciada en Historia del Arte.

También se ha contado con documentación tanto fotográfica como técnica facilitada por la empresa C.P.A., S.L., la cual realizó una intervención de emergencia en dicha portada en 1979.

La memoria se va a estructurar en dos partes fundamentales: por un lado el capítulo dedicado a la descripción de las patologías que le afectan, así como los agentes causantes de las mismas, y por otro, el capítulo dedicado a los métodos tanto para la limpieza como para la reintegración y protección de los diferentes elementos que componen la portada.

También se incluye una breve reseña histórica de la iglesia de Santa María la Real, con especial incidencia en la portada que nos ocupa, así como una descripción de las intervenciones realizadas más recientemente

2.- MEMORIA HISTÓRICA

2.1.- INTRODUCCIÓN

LA IGLESIA DE SANTA MARÍA EN EL PLANO ARANDINO DE 1503



Este plano figuraba en el pleito promovido por la familia Quintana ante el corregidor de Aranda. Dicho dibujo e informe, revelan la importancia que tenía la villa en 1503, además de ciudad estratégica de Castilla, cuyo casco urbano era oval, con las puertas, con las calles bastantes regulares, cortadas por vías largas y rectas, tal y como uno de los testigos del litigio afirma ser muy semejante a Granada.

El plano de la villa está extraído de un pleito de la sección del Consejo Real: 9-3-II, motivado por el derribo de unas casas que al parecer obstaculizaban el tránsito por una de las calles de la villa.

Se trata de un plano “más bien una pintura”, ya que la representación de los edificios no debe interpretarse como “real”, sino como aproximada, aunque puedan ser verdaderas:

- la reproducción del molino sobre el Duero con sus grandes ruedas,
- la puerta de la cerca que da al río Duero,
- la imagen del rollo,
- algunas casas con galería o “loggia”, situadas en la Plaza Nueva,
- las dos iglesias de San Juan y Santa María,
- y el edificio de la Pescadería.

Es interesante por ser la más vieja representación urbana que se conoce de España, con caracteres aún medievales, y que permiten conocer el proceso de gestación de las villas.

El plano da una imagen oval del núcleo primitivo de Aranda, fundada según se supone por Ordoño I en el año 861; se trata de un plano de núcleo de población emplazado en la confluencia de dos ríos, el Duero y el arroyo Bañuelo, y condicionado a una función militar por la defensa de un vado o puente sobre el río Duero.

Su centro lo ocupó la Iglesia y Plaza de Santa María, intersección de cuatro calles principales, cada una de las cuales terminada en una puerta de acceso.

De los siglos X al XV, la villa creció fuera del núcleo primitivo, originándose una serie de suburbios, originados a la entrada y salida de las cuatro puertas; dichos arrabales, - Dehesilla, Cascajar, San Juan y Duero -, exigieron la apertura de nuevas puertas o postigos en la cerca, como el de Santa Ana, probablemente del siglo XV, porque el pleito alude a él como algo reciente, y la Puerta de Santa Cruz. Los arrabales no están incluidos en el plano, ya que el pleito no les afectaba.

Es de destacar el apiñamiento del caserío medieval y el sobrevolado de sus pisos hasta tocarse los tejados, según declara un testigo, recordando una ciudad islámica como la de Granada.

A través del pleito, se puede conocer uno de los aspectos más importantes de la historia económica de Aranda en el pasado; éste es su riqueza vitícola. Precisamente la negativa de los dos vecinos lesionados con el derribo de sus casas para la apertura de la nueva calle, se fundamenta en que se destruirían sus bodegas, de las que se dan algunos datos sobre su capacidad.

En el plano de Aranda fechado en 1503, nos presenta una población despegada ya que por dos ensanches sucesivos del núcleo primitivo que se apiñaba en torno a las iglesias de Santa María y San Juan, pero con una estructura todavía típicamente medieval, de calles cortas y estrechas. Las casas se amontonaban unas sobre otras dentro del espacio de cada manzana, ya que era necesario aprovechar la escasa superficie edificable dentro del muro.

El recinto se hallaba completamente amurallado, y se comunicaba al exterior por seis puertas:

- Santa Cruz,
- Duero,
- Arandilla,
- Santa Cruz,
- Dehesilla,
- Cascajar.

Aparecen las dos calles principales que se cruzan casi perpendicularmente: la que va desde la puerta del Duero hasta la de Cascajar y la que, de oeste a sur, pone en comunicación Santa Ana con la Dehesilla. Su punto de intersección es la Plaza de Santa María, el centro principal del caserío y de la vida de la villa. Otros centros importantes de la villa, son la Plaza de San Juan, que es un ensanchamiento en la calle de su nombre, frente a la Iglesia, y la Plaza Nueva, última ampliación del recinto amurallado.

El Ayuntamiento había cedido los solares de esta plaza en 1432 en los que los constructores se comprometían a dejar libre el servicio de las murallas para que a lo largo del adarve se pudieran hacer rondas, velas y guardias. En esta plaza se levantaban las casas más nuevas y mejores.

Las calles eran designadas por el nombre de los artículos que en ella se vendían, por el nombre de algún santo, o por el de los que en ellas tenían sus casas.

Dentro de este recinto urbano destacan dos fornidas torres, las de las iglesias anteriormente citadas, y por supuesto anteriores a las mismas iglesias, las cuales constituyen verdaderas fortalezas. En medio de la Plaza Nueva se alza el rollo, frente a la que entonces era aún la Casa del Regimiento, y que a mediados del siglo XVI fue trasladada a donde se halla actualmente.

Para finalizar, a través de este plano se pueden ver las construcciones existentes en el siglo XVI: las casas de un piso en los barrios extremos o arrabales, y las viviendas de dos o tres pisos en saliente, es decir, en las que las fachadas de los pisos superiores vuelan sobre la calle, sobresaliendo de las inferiores. Estas casas estaban construidas con adobes y entramado de madera, formando verdaderos bloques.

.2.- IGLESIA DE SANTA MARÍA LA REAL DE ARANDA DE DUERO

Nada queda del primitivo edificio existente sobre la iglesia de Santa María, a no ser la robusta torre de tipo militar, en la que todavía pueden verse los salientes modillones que sostuvieron el almenado antepecho, sustituido posteriormente por el chapitel, elemento que daría más realce a la torre de la iglesia, y que fue colocado en 1552, según la costumbre de la época.

Hay que tener en cuenta la proximidad de la muralla y el puente del Duero, que daban importancia defensiva a estas torres elevadas, y era natural que al construirla en plena Edad Media, se hiciera con tal propósito, como también lo prueba el ejemplo de la catedral de Ávila.

En torno a 1473 se construía el magnífico templo, o al menos se había derribado ya el existente, como lo prueba el hecho de que el Concilio provincial de Toledo, celebrado en 1473 por el Arzobispo de Toledo, Alfonso Carrillo, no se celebró en Santa María, siendo por entonces el principal edificio, sino en la parroquia de San Juan Bautista.

Los Reyes Católicos contribuyeron con grandes sumas a la edificación, aunque no existen documentos, pero se puede asegurar debido al cariño que tenían estos reyes a la villa, como lo prueba la importancia que se da a los elementos decorativos de la monumental fachada como es el escudo y emblema real, así como la propia denominación de "Santa María la Real".

La obras se prolongaron durante algunos años, dada la importancia del monumento, ya que los gastos de entonces eran enormes, teniendo en cuenta por un lado la reconstrucción de Castilla, y por otro, la larga guerra de Granada.

En 1492, sólo se había habilitado al culto la capilla de San Pedro, única parte del templo acabada, pero a partir de aquel año, las obras corrieron impulso a raíz de un viaje hecho por la reina Isabel, quien se detuvo en Aranda varios días, oportunidad que aprovechó para hacer nuevos donativos con destino a la iglesia que todavía estaba en construcción.

Así se dice: “aprovechó este viaje doña Isabel para visitar a su querida villa de Aranda, vivamente estimada por los muchos honores y respetos que de ella recibiera, y al mismo tiempo contemplar las obras de la iglesia de Santa María, a cuya costa estaban llevando a cabo, entregando nuevas dádivas para que esta empresa llegase a feliz término, poniendo especial interés en que la fachada fuese la más elegante y acabada”, pudiendo aquí glosar la frase que la Reina Católica pronunció al hacer el encargo a Enrique Egas de levantar el hospital real de Santiago: “*Hacedme una portada bien gentil*” (Domingo Ximeno. Estampas de mi álbum. Aranda y su comarca. Diputación. Burgos, 1968, pag. 23)

Al parecer se comenzó la obra por la nave norte, o mejor dicho por las capillas laterales de ese lado en que apoya las naves del Evangelio, (teniendo aquellas a un extremo la vieja torre y al otro la sacristía), y no mucho antes de acabar el siglo XV ya estaba concluido el soberbio edificio al menos en sus partes esenciales, e incluso abierto al culto, siendo entonces cuando se pensó proveerle de la magnífica portada añadida, utilizando para ello el arco de ingreso ya construido y quizá cubriendo la portada ya hecha, que sería sin duda más sencilla; pues esta monumental fachada no forma parte del muro del templo, sino que es un cuerpo enjarjado en él, y saliente hasta enrasar con los contrafuertes del flanqueo, por cuyo motivo al no disponerse la puerta en forma de muy profunda bocina, se hizo precisa una bóveda de crucería entre el muro de la iglesia y el arco de aquélla, tesis que aporta F. Layna Serrano, y que dice: “aquella bella portada, se debió a la voluntad de los Reyes, quizá por ruego de su primo el obispo Alonso Enríquez, cuando el templo podía considerarse terminado”. Entonces se encargó el proyecto de la obra a uno de los artistas más representativos de la época, Simón de Colonia, aunque posiblemente la terminara su hijo, Francisco, en 1515.

Lo primero que llama la atención según se viene de la Iglesia de San Juan a Santa María es la robusta torre de tipo militar y el hastial con la portada oeste, llamada del Perdón, abierta en 1800 por José de Burgos, arquitecto de la diócesis, por un coste de 18.773 reales en la que se utilizó piedra de Espejón.

Nada desde el punto de vista artístico ofrece el muro norte, pero sí la cabecera, compuesta por tres ábsides de planta poligonal con robustos contrafuertes, rematados en finas agujas con decoración foliácea, mientras las ventanas ojivales de la capilla mayor o los rosetones que alumbran las naves laterales lucen adorno de caladas tracerías. Una capilla de época posterior, construida a continuación de la absidal del lado del Evangelio es la que afea el bello conjunto, pero lo enriquece con su linterna rodeada de ventanas renacentistas.

Sin embargo, lo que más sorprende es la fachada sur, flanqueada por afiligranadas agujas que suben hasta la cornisa superior, teniendo en sus dos tercios inferiores, imágenes de santos esculpidas sobre repisas y cobijadas por hermosos doseles calados. La fachada forma un espacio totalmente labrado de un fino encaje, y da la sensación de un hermoso tapiz labrado en piedra.

Se trata de una fachada retablo, utilizada a fines del siglo XV y principios del XVI, y que tiene sus máximos exponentes en Valladolid y en Aranda de Duero. Todas estas fachadas sobrepasan la altura del edificio. La primera que se realiza es la del Colegio de San Gregorio de Valladolid, acabada con toda probabilidad en 1499; algo posterior, y respondiendo al mismo modelo es la fachada de San Pablo, también de Valladolid. Las analogías de la fachada de Aranda de Duero con las vallisoletanas no se limitan solo a aspectos formales, sino que también nos sirven de nexo estilístico.

La fachada estuvo policromada, aunque prácticamente la policromía se ha perdido casi por completo, debido a las condiciones climáticas a las que estuvo expuesta, y a la energética limpieza que se llevó a cabo en torno a 1855. Esto ha motivado que sólo se puedan apreciar restos de policromía en el tímpano, después de la limpieza que se practicó en 1979.

Las técnicas utilizadas fueron las que se utilizaban en la época para la policromía sobre la piedra, y que aparecen descritas en el libro de Cennino Cennini, en su obra "Tratado de la Pintura", Libro del Arte, publicado en Barcelona en el año 1988.

El arco de ingreso es ojival, decorado con calado festón y múltiples arquivoltas planas donde alternan cardinas y animales fantásticos, con dos órdenes de pequeñas imágenes cobijadas por menudos doseletes afiligranados, que siguen toda la línea de los arcos respectivos, repitiéndose idéntica decoración en las jambas.

Las citadas arquivoltas exteriores alojan veintiocho imágenes de santos, que de abajo arriba, y de izquierda a derecha son los siguientes, arrancando por los cuatro evangelistas, corresponden a:

A la izquierda:

- San Marcos
- San Juan Evangelista
- San Nicolás de Bari
- San Sebastián
- San Lázaro o San Roque?
- San Cosme
- San Lucinio
- San Cristóbal
- Santa Inés o San Fernando?
- Santa Isabel?

A la derecha:

- San Mateo
- San Lucas
- San Juan Bautista
- Padre de la Iglesia?
- San Lorenzo
- San Antón
- San Eulogio de Córdoba?
- San Gil ?
- San Dionisio Areopagita
- San Roque o San Lázaro
- San Lorenzo?
- Santa Isabel de Hungría o Catalina de Alejandría

La identificación de cada una de las imágenes se hace difícil, al carecer éstas de los atributos individualizadores, pues sin éstos, debido a su deterioro, es muy difícil, en algunos casos, especificar.

Esta escultura responde a la tipología, que se inicia en Francia en el siglo XII-XIII, y que pervive hasta principios del siglo XVI en España, como se ha visto en las fachadas con las que guarda parentesco. Es de destacar cómo el doselete que les cubre, sirve al mismo tiempo de soporte para la imagen que está encima.

En el tímpano se desarrollan las escenas que en los Evangelios dedican a la vida de la Virgen, y que recogen con gran devoción los relatos apócrifos.

La presencia del rey David en la parte central del tímpano de la fachada, -con su atributo, el arpa, que sostiene con sus manos-, hace alusión a la genealogía de la Virgen para resaltar su nobleza de sangre, y aparece junto a la Anunciación, recordando el salmo en el que se hace referencia a: "Dios bajará como la lluvia sobre el césped, para referirse a la pureza de la Virgen.

La Anunciación, en los laterales del tímpano, rompe con la representación tradicional, al estar la Virgen y el arcángel Gabriel, erguidos y separados, es decir, la Virgen en un lado de la puerta, y el arcángel, al otro. Esta disposición erguida recuerda a la que puede verse en la portada del claustro de la Catedral de Burgos.

En el lado izquierdo del tímpano, aparece representada la escena del Nacimiento, escena en la que los personajes principales aparecen separados por la presencia del buey y la mula.

Al otro lado, se representa la Epifanía o Adoración de los Reyes Magos; la imagen central, la Virgen, ocupa el centro de la composición; Baltasar, separado de los otros reyes, se encuentra a su izquierda, también de frente, como la Virgen, el Niño, y el rey Gaspar.

Es de destacar cómo en la representación de esta escena se han variado la disposición de los protagonistas, viéndose la relación con otros grupos escultóricos, como el de la Adoración de los Reyes Magos, en Melgar de Fernamental, obra de la misma época.

Hay quien piensa que el mismo escenario ha servido para representar dos escenas al mismo tiempo; por un lado la escena del Nacimiento y por otro el de la Epifanía. Así se dice que la Virgen está siendo coronada por tres ángeles, interpretándose como la Virgen reina, participando al mismo tiempo del homenaje de los Reyes Magos al Niño.

Sobre la escena del Nacimiento, hay un relieve que representa la Anunciación a los pastores, escena de gran calidad artística, que se encuentra separada de la otra, la que está sobre la Adoración de los Reyes Magos, que pudiera ser la escena en la que se representa a los Reyes Magos a caballo siguiendo la estrella de David.

En el parteluz, se encuentra en posición rígida, la Virgen amamantando al Niño, o "Virgen galactotrosa", imagen que no suele ser habitual, aunque en este caso el artista quiso representarla de esta forma para recordar a las primeras representaciones del Cristianismo.

Las dos hojas de la puerta, separadas por el parteluz, estuvieron decoradas, tal y como pueden verse en la actualidad en el Museo. En origen, estas dos hojas estuvieron divididas en cuerpos y calles, contando cada una de ellos con bellas representaciones, sumando un total de catorce, siete a la izquierda y otras siete a la derecha. Sólo se han perdido las dos representaciones del cuerpo inferior izquierdo. En ellas vemos tallados en madera de nogal, a San Pedro, San Pablo, San Juan, y San Andrés. Encima de éstos, a los Ángeles Cantores, La Imposición de la casulla a San Ildefonso, La Oración en el Huerto y el Prendimiento de Jesús. Sobre los anteriores, la escena de la Oración en el huerto y el Prendimiento de Jesús. Y finalmente, La Entrada de Jesús en Jerusalén y la Última Cena. Como remate de las mismas, aparece el emblema del Don Pedro de Acosta, Obispo de Osma.

Las tallas de la puerta son ya plenamente renacentistas, y fueron realizadas por el entallador JUAN BELTRÁN, en 1552, cuando era párroco de la Iglesia Francisco de Reina, cobrando por el citado trabajo la cantidad de 23.200 maravedís; en ese mismo año se hizo el chapitel de la torre, cuyo gasto fue de 27.900 maravedís.

En las jambas de la portada aparecen representadas las imágenes de los cuatro padres de la Iglesia: San Ambrosio, San Jerónimo, San Gregorio Magno, y San Agustín, distribuidos los dos primeros a la izquierda, mientras que los dos últimos se encuentran a la derecha. Además aparecen: San Bartolomé, San Andrés, San Pablo, al lado izquierdo, y San Pedro Santiago peregrino y San Juan a la derecha.

La representación de los cuatro evangelistas en relación con los cuatro padre de la iglesia, hacen referencia a los cuatro pilares sobre los cuales se sustenta la teología cristiana.

Aparte de estos Santos y Apóstoles aparecen en los arcos de la entrada a la iglesia las imágenes de Santa Margarita, Santa Catalina de Alejandría, Santa Águeda, que además de acompañar a la Virgen, nos hacen resaltar la pureza de la Virgen María.

En las enjutas del arco exterior de dicha portada, se muestran los pequeños escudos del Obispo Alfonso Enríquez (1506-1523), bajo cuyo obispado y quizá con su ayuda económica, se hizo la obra terminada con recursos procedentes de las arcas municipales y sobre todo con las reales, tal y como se analizará posteriormente. El escudo del Obispo Alfonso Enríquez, es mantelado, y lleva en el primer y segundo campo, un castillo, y en la manteladura, un león rampante.

El saliente baquetón orlado con cardinas que forma el arco exterior de la ojiva, antes de cerrarse ésta, se abre para dar lugar a otro arco florenzado que termina en alto florón ceñido por la corona real, de gran relieve, en el que se ven los siguientes temas representados:

- Cristo camino del Calvario, en el que se ve a Cristo con la cruz acuestas.
- La Crucifixión, escena en la que junto a Cristo Crucificado se ve a San Juan, la Virgen, además de la hermana de la Virgen, y María Magdalena, tal y como se recoge en el Evangelio de San Juan.
- La Resurrección de Cristo, escena que parece aglutinar dos escenas simultáneas; por un lado, la Resurrección en un primer plano, y por otro, las Marías camino del sepulcro con la Jerusalén al fondo. Según la Leyenda Dorada, las santas mujeres que acompañaban a la Virgen, aparecen mencionadas por los cuatro evangelistas, y éstas son conocidas generalmente por "las tres Marías", (María, Salomé, y María Magdalena).

Estas tres escenas de la Pasión, según opinión de Rafael Domínguez Casas, (en su obra Arte y

Sociedad de los Reyes Católicos. Artistas, Residencias, Jardines y Bosques, Alpuesto Madrid, 1993, pag. 55), encuentran similitudes con el estilo de FELIPE BIGARNY, y según él, se pueden poner en relación con los cuatro paneles que se encuentran en el trasaltar de la Catedral de Burgos, entre 1498 y 1513, año en que fueron tasados por Andrés Nájera. Los relieves a los que hace referencia son: "Cristo camino del Calvario", "La Crucifixión", "El Descendimiento", y "La Resurrección".

Sobre un fondo de imbricadas escamas, resalta a cada lado del florón terminal, un magnífico escudo, que numerosos estudiosos del arte lo han relacionado con el escudo de los Reyes Católicos.

Según Rafael Domínguez Casas, en su obra anteriormente citada, en la página 671 afirma que se trata de las armas de Felipe el Hermoso, como rey titular de Castilla, rey hasta el 25 de septiembre de 1506. Se trata de un escudo cuartelado: A, D, cuartelado de Castilla y León; B, C, partido de Aragón y Sicilia: Entrado en punta de Granada; 2 y 3 contracuartelado: A Austria Moderna; B Borgoña Moderna; C Borgoña Antigua; D Babante: Sobre el todo escusón partido de Flandes y Tirol. El escudo iría adornado con el Toisón de Oro.

Este escudo real posee las armas de Felipe I, decoradas con corona real y sostenidas por el águila de San Juan, que seguiría usando como Rey de Castilla, junto con el yugo y las flechas.

Otro ejemplo de este tipo de escudo, se ve en los tabardos heráldicos de los reyes de armas, en el cuadro titulado "Entierro de Felipe I El Hermoso en Burgos" (Castillo de "La Follie", Ecaussines, Bélgica), pintado en 1506.

La misma partición aparece en los escudos que adornan el mausoleo de ambos esposos en la Capilla Real de Granada. Los laterales van soportados por el águila de San Juan, adornado por el de Felipe I con el collar de Toisón de Oro y el de Juana, con el collar de las Flechas.

Otro escudo, finalmente del monarca Felipe I, es el situado en la cabecera, que aparece timbrado con dos yelmos: uno con la cimera de Castilla, y el otro de León, cada uno con su Toisón. Estas armas las heredará su hijo Carlos de Gante.

Bajo estos escudos reales, aparecen igualmente, los escudos de armas de Aranda de Duero; se trata de un escudo partido, en el que aparecen dos leones rampantes defendiendo la torre central, sobre un puente de tres ojos.

Mayer, en su obra "El estilo gótico en España", publicado en 1929, atribuyó esta joya arquitectónica a SIMÓN DE COLONIA, estableciendo comparación con el trascoro de la Catedral palentina, fachada del Colegio de San Gregorio de Valladolid, y la Capilla del Condestable Velasco en la Catedral de Burgos, obras hechas por el artista.

Se trata en todo caso de una monumental fachada retablo, en la que se distribuyen los elementos decorativos anteriormente citados sobre un fondo de escamas que van aumentando de tamaño en altura, y que están dentro de lo habitual del maestro.

Aunque la iglesia de Santa María pertenece al último periodo gótico, hay que decir que es severa dentro de la elegancia, de buenas proporciones, sin excesivos elementos decorativos, los cuales se reparten con discreción.

Consta de planta de cruz latina, de tres naves y crucero, terminadas en capillas absidales de planta poligonal. Esta cabecera poligonal está comunicada entre sí por arcos escarzanos, y aparece cubierta por bellas bóvedas de crucería con nervios correspondientes con sus paños, que en el del lado del Evangelio se ilustran con arcos conopiales decorados con cardinas, y la de la Epístola por un escudo de nueve estrellas de la familia de los Salazar. Llamen la atención las aberturas cuadradas con tracería que tienen los riñones de la plementería en la cubierta de la capilla mayor, que recuerdan el tipo iniciado en Burgos y que tuvo gran eco en el siglo XIII. Se repite tal perforación en el ábside meridional. En la parte septentrional tres capillas, con cubierta de crucería, que comunican con la nave del Evangelio, ampliando de este modo el espacio del templo.

La nave mayor es más ancha que las laterales, ya que cuenta con nueve metros, mientras que las laterales apenas cuentan con seis, como la de la Epístola, sin llegar a siete la del Evangelio. En el muro norte varias capillas alineadas, que van desde la torre hasta la sacristía, forman una especie de cuarta nave, con puerta a la plazuela, y antes cementerio parroquial.

Las bóvedas se hallan sustentadas por pilares fasciculados, que tienen un núcleo romboidal de lados finamente moldurados sobre cuyos ángulos destacan baquetones correspondientes a los arcos apuntados que comunican las naves y a los fajones del abovedamiento. Sus collarines, en lugar de capiteles, sirven de apoyo a arcos y nervios de las bóvedas cuya tracería es sencilla; las bóvedas son octopartitas en las naves central y septentrional, teniendo cierta complejidad su traza en la nave meridional.

Numerosos vanos iluminan el interior. Abocinadas ventanas apuntadas se abren en el muro superior de la nave central, lo mismo que en los muros exteriores, a los pies, en la nave meridional y en las capillas septentrionales, partidas a veces mediante mainel. El mismo tipo de ventana hay en los ábsides que en el tramo central del mayor superponiéndose en dos registro. Además aumentan la luminosidad varios rosetones, sencillo el del hastial occidental, pero con bella tracería curvilínea los que horadan los extremos del crucero, y el muro superior del arco triunfal de los ábsides laterales.

Tras las obras realizadas en 1984, en que se echó cubierta nueva a las naves del lado sur, la iglesia ganó en iluminación, ya que los seis ventanales de los cuatro tramos en los que se divide la iglesia, estaban hasta entonces cubiertos por los tejados de sus respectivas naves, que arrancaban encima de los ventanales.

El interior de la iglesia guarda numerosas obras artísticas de gran valor, entre las que destacamos, dirigiéndonos a la derecha:

EL RETABLO MAYOR, hecho en sustitución del primitivo, que era de comienzos del siglo XVI, destruido como los laterales adosados a los pilares de la capilla mayor por un incendio acaecido en 1601, y que comenzó por el tejado, logrando salvarse algunos bienes muebles.

El retablo primitivo era al parecer renacentista, y contaba tanto con tablas pintadas como con grupos escultóricos. En 1544, el entallador palentino Valmaseda, labró un hermoso tabernáculo, por cuyo trabajo cobró 37.500 maravedís, mientras que Francisco de Salamanca, vecino de Aranda, recibió 34.386 maravedís, por la obra del dorado y pintura, así como por algunos retoques del altar.

Tras el desastre ocurrido por el incendio, los vecinos acudieron con su dinero para remediar dicho desastre, así como otros donantes, como el corregidor de la villa Juan Cabrera de Córdoba, a quien se sumó Fray Pedro de Rojas, obispo de Osma, quien había dejado a la Iglesia de Santa María de Aranda por su testamento 1.000 ducados, comenzándose a partir de entonces las obras de reparación del templo.

En lo más urgente que se pensó fue en el nuevo altar mayor; así en 1604, siendo párroco Pedro de Caparroso, se encargó el proyecto a varios artistas, cuya ejecución no comenzó hasta 1609, figurando entre ellos, el maestro cantero, FRANCISCO DE NAVEDA, quien percibió 500 reales; los entalladores, PEDRO DE CICARTE y GABRIEL DE PINEDO, que cobraron 1470, y los pintores JUAN SÁNCHEZ, CLEMENTE SÁNCHEZ Y PEDRO MORALES, quienes pintaron y estofaron las estatuas del retablo entre 1615 y 1618, además de CLEMENTE SÁNCHEZ, y el vecino de Roa, BERNABÉ DE LA SERNA, quienes se encargaron de la decoración general y las pinturas de los recuadros laterales, acabando en 1622. La obra fue tasada en 3.075 reales.

En los libros de fábrica figuran los escultores que intervienen en el retablo, así como la tasación del mismo por Andrés Rada, escultor, quien lo tasó en ocho ducados, así como las cantidades entregadas a los numerosos artistas que intervinieron, figurando:

- Juan Sánchez, pintor, que recibió en 1615, por dorar la Virgen, cien reales y a Gabriel de Pinedo escultor del retablo en pago por su hechura.
- Pedro Morales, pintor de la coronación de Nuestra Señora del altar mayor, doscientos reales, en 1616. Ochocientos reales en que se concertaron dorar y estofar los cuatro santos postreros que se colocaron en el altar mayor, en 1619.
- Bernabé de la Serna, pintor vecino de Roa por dorar el retablo de la iglesia mayor, 335 reales.
- Francisco de Naveda, maestro cantero, que percibió 500 reales.

Se trata de un retablo romanista, del estilo de la época, que se acomodaba a la disposición poligonal del ábside, gracias a las dos alas laterales en ángulo, y que fue trasladado al lugar que hoy ocupa, -nave lateral de la Epístola-, en 1962, debido al cambio de la liturgia de la Iglesia, a partir del Concilio Vaticano II; de este modo se recuperó la luz natural que procedía de los ventanales del ábside, anteriormente cubierta por el retablo.

Consta de banco, tres cuerpos, tres calles, dos entrecalles y un coronamiento; cada cuerpo es ordenado a su vez en recuadros u hornacinas gracias a las columnas exentas, de orden compuesto, sencillas y delgadas en el tablero del fondo, pero más gruesas a los lados.

En el banco y calles de este retablo se representan escenas de la Vida de la Virgen y sus misterios, y en las entrecalles, se ven las imágenes de los apóstoles San Pedro y San Pablo, Santiago y San Juan, San Andrés y un Santo Obispo.

En la calle central estaba la imagen de Nuestra Señora de la Asunción, colocada hoy en el presbiterio, ya que es la patrona de esta Iglesia de Santa María. En su lugar, y aunque no corresponda al conjunto, se ha colocado la imagen de San Pedro en Cátedra.

Encima de San Pedro en Cátedra, se encuentran dos magníficas pinturas, que corresponden a la "Virgen con el Niño" y a "la Dolorosa".

En la calle de la izquierda, desde el punto de vista del espectador, y de abajo arriba, se pueden ver las siguientes pinturas, "El misterio de la Anunciación", "la Circuncisión del Señor", y "la dormición de la Virgen".

En la calle de la derecha, siguiendo el mismo orden, destacan las pinturas de, "La Inmaculada Concepción", "La Presentación de la virgen en el Templo" y "La Asunción de la Virgen".

En la parte inferior, de izquierda a derecha, y en cuadros de menor tamaño se aprecian los cuadros de "La presentación de la Virgen en el Templo" "La visitación de la Virgen a su prima Santa Isabel", "El Nacimiento del Señor", "La Circuncisión del Señor", "la Adoración de los Reyes Magos", y "La Huida a Egipto".

En la actualidad, falta el coronamiento del retablo, que como es habitual era rematado por un Calvario y algunas tallas más, entre ellas las imágenes de los apóstoles. Así el Cristo que remataba el Calvario, se ha colocado en el presbiterio, las imágenes de San Juan y la Virgen que estaban al pie de la cruz, se encuentran situadas en unas hornacinas del muro norte de la iglesia, frente al retablo mayor, y las cuatro imágenes de los apóstoles, se han colocado dos junto a la Virgen y San Juan, y otros dos en la capilla del lado del Evangelio.

LA CAPILLA DE LOS SALAZARES, llamada en principio Capilla de Santiago, por estar bajo la advocación de este apóstol. Fue fundada en 1532 por don Pedro de Salazar como lugar de enterramiento para su familia. Su sepulcro está a la derecha, y en él se ve el blasón familiar con el campo sembrado de nueve estrellas, sostenido por un ángel a cada lado, motivo que se repite en el exterior de la iglesia, al haber hecho una gran aportación económica en el siglo XVI.

Allí se habían enterrado los padres de Pedro de Salazar, Don García y doña Isabel de Salazar. En la actualidad se ven tres sepulcros, descubiertos en el año 1962, con motivo de las obras del desencalamiento de toda la iglesia, los cuales estaban ocultos; uno completo, a la derecha del anterior, y otro detrás del altar plateresco, de muy buena traza, hoy desaparecido. En ese mismo año, 1962, se colocó en esta capilla, el Sagrario, denominándola a partir de entonces como la "Capilla del Santísimo".

EL PRESBITERIO, tenía un retablo realizado a comienzos del siglo XVI, y que fue destruido como los laterales, -adosados a los pilares de la capilla mayor-, por el incendio que tuvo lugar en 1601. El retablo primitivo era al parecer una obra renacentista que contaba con varias tablas pintadas y grupos escultóricos, además de un bello tabernáculo ejecutado por el entallador palentino Valmaseda, quien recibió por la ejecución del mismo 37.500 maravedís, mientras que Francisco de Salamanca, vecino de Aranda, recibió 34.386 maravedís por la obra del dorado y pintura, así como por un retoque que llevó a cabo en el altar.

Tras el desastre ocurrido por el incendio, los vecinos acudieron con su dinero para remediar el desastre, así como otros donantes, como el corregidor de la villa Juan Cabrera de Córdoba, a quien se sumó Fray Pedro de Rojas, Obispo de Osma, quien había dejado a la Iglesia de Santa María de Aranda por su testamento mil ducados, comenzándose a partir de entonces las obras de reparación del templo, aunque en lo más urgente en lo que se pensó fue en el nuevo altar mayor, y así en 1604, siendo párroco Pedro de Caparros, se encargó el proyecto a los artistas antes mencionados, quienes comenzaron a ejecutarlo a partir de 1609.

En la actualidad, con el traslado del retablo mayor a la nave lateral de la Epístola, podemos ver el presbiterio poligonal, de cinco lados, muy propio del periodo gótico, además de los seis ventanales que quedaron descubiertos, proporcionando luz natural.

En el centro del presbiterio se encuentra el Cristo que remataba el retablo mayor, colocado en una nueva cruz de enebro; a su lado se colocó la talla de Nuestra Señora de la Asunción, que igualmente formaba parte del retablo, y que constituye la patrona de esta parroquia.

La sillería de coro, se trasladó al presbiterio, ocupando en la actualidad un lugar que en origen no tenía.

En el centro del ábside se colocó sobre un bello pie, una mesa de altar de grandes dimensiones, (pues tiene tres metros de larga, por más de un metro de ancha.), la cual fue consagrada en 1962 por el Ilmo Sr. Vicario General del Arzobispo Buenaventura Díez Díez.

En el ábside de la nave del Evangelio, nos encontramos con un retablo del siglo XVIII, presidido por la imagen del Cristo, denominado Cristo del Campo. Este ábside fue modificado por el arcipreste Pedro Alonso de Alameda, hacia 1580, para convertirlo en una nueva capilla, en la que destaca la linterna alumbrada por ventanales, flanqueados por columnas exentas sobre esculpidas ménsulas. A cada lado del altar hay unos lucillos laterales, en la actualidad vacías, y cubiertos por unas bóvedas nervadas de estrella, de gran originalidad.

El párroco de la iglesia, Leonino González Reyes, colocó en 1978 por razones de seguridad, una serie de tallas e imágenes, traídas de la Iglesia de San Juan, entre las que destacan, unos bajorrelieves de la “Última Cena”, “La Oración de Jesús en el huerto de los Olivos en Getsemani”, “Jesús con la cruz a cuestas camino del Calvario” y “el descendimiento de Jesús”, todos ellos en madera policromada, y pertenecientes a la escultura castellana del siglo XVI. Además destaca una imagen tallada en piedra que representa a Santa Catalina, también fechada en el siglo XVI, y la talla románica de San Blas.

Esta capilla se encuentra cerrada por una artística reja, en la que pude leerse la fecha de su ejecución “1586”.

A continuación nos encontramos, con tres capillas, que en realidad conforman una cuarta nave de la Iglesia, y que constituyen tres espacios que recibieron los nombres de “Los Dolores”, “Las Candelas”, y la Misericordia”, destinados en un principio a oficinas del arciprestazgo y a Vicaría.

La primera de ellas es la **SACRISTÍA**, cubierta por una bóveda estrellada y abierta a la capilla absidal izquierda y ampliada con la inmediata. Llama la atención la cajonería de nogal, tallada hacia 1580, siendo párroco Juan de Contreras, quien mandó abrir en el muro una alacena para guardar la rica orfebrería religiosa que entonces poseía la parroquia, y cerrada por una reja de hierro en la que se

advierten reminiscencias góticas.

En el centro de la sacristía destaca la mesa ejecutada en una sola pieza, también de nogal, cuyas dimensiones son 1,85 metros de larga, por 1 metro de ancha, así como las puertas de armarios del mismo estilo y calidad. La sacristía es iluminada por una lámpara de cristal que tiene reminiscencias góticas.

A continuación de la sacristía, encontramos la imagen de Jesús Resucitado, atribuida al escultor Gregorio Fernández, (1576-1636). Se trata de una imagen atípica, pues tiene a los pies una serpiente, elemento no habitual en la iconografía de Cristo, y que pudiera significar cómo Éste vence al enemigo. Por tener estas características ha sido expuesta en varias exposiciones.

La capilla que sigue a continuación es la denominada **CAPILLA DEL SANTO CRISTO DE LA SALUD**, que contiene una talla de Cristo Crucificado, talla del siglo XV, traída de la iglesia desaparecida de los padres franciscanos de Aranda, y que fue colocada por la cofradía en este retablo barroco, muy posterior a la época de la imagen.

A continuación encontramos una imagen de Cristo yacente, atribuido también a Gregorio Fernández, obra de la escuela barroca castellana, del siglo XVII, y cuyas medidas son 1,95 m. de largo, por 0,67 de ancho. Se trata de un Cristo articulado, para que sirviera también para celebrar la ceremonia del descendimiento que se celebra el Viernes Santo.

En el muro, aparece cobijada por un lucillo una obra de buena calidad, hecha en piedra de grano grueso, y que a falta de la inscripción que pudiera identificar al personaje, se la denomina “estatua yacente de un caballero armado”. Hay quien la atribuye al Caballero Antonio de Miranda, portero de Cámara de Carlos V, y fundador de la Capilla de los Dolores, o a don Pedro de Salazar. Ninguna de estas hipótesis puede ser confirmada documentalmente, aunque parece más probable que se trate de Antonio Miranda, fundador de la Capilla de las Vírgenes, donde tendría lugar su enterramiento, que desaparecería cuando esta capilla fue unida a la sacristía.

Debido a las obras que se llevaron a cabo en esta iglesia, el sepulcro pudo cambiar de lugar, y debido a ello, las inscripciones que figuran en el muro no se refieren a él, pues dice: “*aquí yace la honrada Beatriz, primera mujer de Francisco Tomillo, cuya ánima Dios tenga en la gloria. Falleció el miércoles, a catorce días de diciembre a los 68 años*”. Y continúa: “*Aquí yace el público pecador Francisco Tomillo, portero de cámara del muy alto y católico rey D. Fernando que haya gloria, y del muy alto rey D. Carlos Emperador electo, cuya ánima Dios ponga en la gloria. Falleció.....días....del mes deaño.....*”.

A continuación hay una imagen moderna, Nuestra Señora de Loreto, adquirida por la cofradía del mismo nombre en 1970, fecha en que se funda la cofradía en la parroquia.

A los pies de la Iglesia, junto a la torre medieval, se halla una capilla plateresca cerrada por una reja de hierro, que se conoce con el nombre de la **CAPILLA BAPTISMAL**, fundada por el conde palentino Sebastián de Daza, cura de Arauzo, beneficiado de la villa de Moradillo de Roa, según consta en la inscripción sepulcral del fundador, quien construyó aquí una capellanía en 1523, destinando la capilla a la Cofradía de la Misericordia de la que era hermano, y labrando el altar consagrado a Santa Ana, y que era conocida con el nombre de Nuestra Señora de las Candelas. El patrono dejó una renta anual de 40 fanegas de trigo para dotar a la huérfana de un cofrade. Al lado derecho está su sepulcro, con arco renacentista y un relieve de la Dolorosa. En el frontis, el escudo pontificio y sobre el sepulcro la estatua yacente del fundador.

Hay una inscripción que dice: *“Aquí yace sepultado el honrado beneficiado Bernardino, de Aranda, cuya alma Dios tenga en la gloria. Falleció sábado, seis de Julio a los 55 años”*.

La pila bautismal, en otro tiempo colocada debajo del artesonado, es una obra de buena calidad, fechada en el siglo XIII, y responde a las características típicamente góticas.

De gran importancia es **LA ESCALERA DE SUBIDA AL CORO**, que cuenta con labores tardogóticas realizadas en 1523 por el maestro arandino, SEBASTIÁN DE LA TORRE, y que sustituyeron a otra anterior que era de caracol. Posiblemente el diseño se deba a Simón de Colonia o a su hijo Francisco.

Layna Serrano, en su artículo publicado en 1941, “Las iglesias de Aranda de Duero”, decía lo siguiente: *“ a los pies del templo, ocupa el último tramo de las naves el coro alto sobre arco muy rebajado y techumbre de madera con canecillos en que se ven talladas muy caprichosas figuras humanas, llamando la atención la escalera de acceso, con rampa de tres tramos en la nave del Evangelio y un solo tramo más corto y empinado en la nave de la Epístola; ambas muestran un antepecho decorado con ornamentación gótica del último periodo, excepto el primer tramo, en el que el adorno es de entrelazos de traza morisca”*.

Por tanto vemos, como la escalera de acceso del lado de la epístola desapareció en gran parte, no quedando restos al reconstruir la iglesia en 1962, pues ya en esta fecha estaba volada, sin apoyo en el suelo. Sin embargo la parte del Evangelio es la que se mantiene en su integridad, con antepecho labrado con rica ornamentación; el primer tramo es de tipo mudéjar, y los otros dos de calados motivos de tradición gótica.

A los pies de la iglesia, debajo del coro alto, sobre un arco muy rebajado, hay un **ARTESONADO** o techumbre de madera sobre canes decorados con talla de efigies humanas, animales y monstruos. Debajo de él se bautizaba antiguamente, y nadie podía acceder más allá si no estaba bautizado. Esta es la razón por la que dicen estar tallados los bustos de animales, como demostrando que esta parte de la iglesia eran el lugar destinado a los no bautizados.

Debajo del coro, después de la intervención en 1962, se colocaron cuatro **RETABLOS BARROCOS**, pertenecientes a la primera mitad del siglo XVIII, y que hasta esa fecha estaban ubicados a ambos lados del presbiterio y adosados a los soportes o pilares de la iglesia.

El primero de ellos, situado debajo de las escaleras, es el retablo dedicado a San Pedro en Cátedra, cuya talla principal se colocó en el retablo mayor para llenar el hueco dejado por la talla de Nuestra Señora de la Asunción, colocada actualmente en el presbiterio. En su lugar se ha colocado una pequeña imagen de la Virgen del Pilar.

El siguiente retablo es el dedicado a San Miguel Arcángel, cuya talla principal es el arcángel, que está acompañado de tres pinturas que hacen alusión a: “San Miguel luchando con el demonio”, “La balanza de la justicia” y “San Rafael acompañando al ciego Tobías”.

A continuación está el retablo dedicado a la Sagrada Familia, en la que la imagen del Niño Jesús, desapareció en 1975. Cuenta con las pinturas de “La Presentación de la Virgen en el templo”, “La Anunciación”, y “La Huida a Egipto”.

El último retablo barroco ubicado bajo el coro, es el dedicado a San Cristóbal, tal y como puede verse a través de una pintura ubicada en la parte superior, ya que no existe ninguna imagen del santo. (Hoy en su lugar se ha colocado la imagen de Santa Lucía)

Otro retablo que hay que resaltar, pero ya fuera del artesanado, es el dedicado a Nuestra Señora de la Piedad, fechado en 1778, y que cuenta con una talla de gran belleza en su parte superior, que imita la Piedad de Miguel Ángel.

EL PÚLPITO plateresco es una de las joyas más valiosas de la iglesia. Fue construido entre 1544-1547, en madera de nogal tallada y fue colocado en un pilar del crucero, al lado de la Epístola, ya que dentro de la nave mayor, donde arranca el primer arco de la lateral.

Según consta, en 1531, la iglesia tenía un púlpito viejo, según hizo constar el visitador de la diócesis, don Pedro Alonso de Alameda, quien comunicó al nuevo obispo, don Pedro de Acosta, el deseo de contar con un púlpito adecuado a la iglesia, por lo que fue el prelado, en una visita a esta población, en septiembre de 1544, quien ordenó se tallase un púlpito que sustituyera al viejo. Según los libros de fábrica, labraron esta joya los entalladores palentinos MIGUEL DE ESPINOSA Y JUAN DE CAMBRAY, por un precio de doscientos ducados, más otros dos que se pagaron por el alquiler del taller en el que trabajaron.

El púlpito se proyecta de forma hexagonal, y consta de dos partes interesantes: el púlpito propiamente dicho, cuya escalera de acceso sólo conserva uno de los antiguos tableros tallados de su barandilla, y el copete, o tornavoz, de gran riqueza escultórica, y unido a aquél, por el tallado respaldo en que luce un medallón con el busto de un santo en medio relieve y provisto dicho respaldo de dos batientes laterales altos, para canalizar hacia el centro de la iglesia la voz del predicador.

Descansa el púlpito sobre una robusta columna de acanalado fuste, de forma prismática, con abalaustradas columnillas en los ángulos, el zócalo y el friso superior, decorados con animales fantásticos primorosamente tallados, y las caras del prisma formando recuadros en cuyo campo se ven: un santo de pie, o dos medallones superpuestos cobijando doctores de la Iglesia, ocupados en santas escrituras; todo en talla, en relieve, fino y acabado; las figuras son tan expresivas y de gran movimiento que parecen más propias de un repujador de metal, que de un trabajo de gubia.

El tornavoz o pináculo terminal tiene forma de templete con dos cuerpos superpuestos y disposición parecida a la del púlpito, con sus columnillas esquineras, zócalos y frisos de separación y en las caras del prisma, en vez de tableros con relieves, hornacinas que cobijan parejas de santos en el primer cuerpo, y figuras aisladas en el segundo, coronando la efigie de la Virgen María.

Posiblemente el Obispo Acosta pagara de su bolsillo parte, pues su escudo figura esculpido en el respaldo del púlpito acabado en 1547.

Las características de esta obra nos traen recuerdos de Alonso de Berruguete, como en la movilidad de las figuras, los escorzos, la expresión, el tratamiento de los paños o el estudio anatómico de las figuras. Tal vez Alonso Berruguete pudo modelar en barro los tableros del púlpito, y Miguel de Espinosa y Juan de Cambray, fueron los que llevaron a cabo el diseño del gran maestro. Se dice que el trabajo más minucioso fue llevado a cabo por Miguel de Espinosa, pues éste recibió más dinero que Juan de Cambray, y éste último ejecutaría el templete superior y sus imágenes, en donde se acusa unas figuras menos vigorosas y animadas.

Se sabe que durante el año 1545 ambos entalladores recibieron mediante cartas de pago, la suma de 46.875 maravedís, fraccionados en cuatro pagos siguientes; uno de 11.750 maravedís, al que seguirá otro de 15.250 maravedís firmados por Miguel de Espinosa.; otro, cobrado por Juan de Cambray de 4.500 maravedís, y el último, firmado por Espinosa por un valor de 9375 maravedís. Además de estas cantidades, percibirán doscientos ducados en 1456 correspondientes al finiquito, a parte de tres reales por fijar la piedra en que se sustenta el púlpito, dos ducados por el alquiler de la casa en que residieron los entalladores mientras ejecutaban su trabajo. El gasto en herrajes y plomo para su fijación fue de 1.295 maravedís.

BIBLIOGRAFÍA

- ABAD ZAPATERO, J.G., ARRANZ ARRANZ, J. Las Iglesias de Aranda . Caja de Ahorros Municipal de Burgos. Navarra, 1989.
- ABASOLO J.A., BARTOLOMÉ ARPAIZA, A., IBAÑEZ, A. Arte burgalés. Quince mil años de expresión artística. Caja de Ahorros Municipal de Burgos. Fournier. Vitoria. 1976
- ANDRÉS ORDÁX, S. "Burgos". En Castilla y León / 1. Vol. IX. De la España Gótica. Encuentro. Madrid, 1989.
- ANDRÉS ORDAX, S. Las tierras de Burgos. Diputación provincial. Burgos. Junta de Castilla y León. Lancia. León. 1994
- Catálogo Monumental de Castilla y León. Bienes Inmuebles declarados. Andrés Ordax, S., Nieto González, J. R., Rivera Blanco, J., Rodicio Rodríguez, C. Consejería de Cultura y Turismo. Salamanca, 1995
- CENNINO CENNINI. Tratado de pintura. El libro del Arte. Meseguer. Barcelona, 1968
- DOMÍNGUEZ CASAS, R. Arte y Etiqueta de los Reyes Católicos. Artistas. Residencias. Jardines y bosques. Alpuerto. Madrid, 1993
- GARCÍA CARRAFA. Diccionario heráldico. Madrid, 1956
- GONZÁLEZ REYES, L. Guía histórico-turística de las iglesias de Santa María y San Juan Bautista. Aranda de Duero. Burgos, 1997.
- LAYNA SERRANO, L. "Las iglesias de Aranda de Duero", en B.S.E.E. Arte Arqueología Historia. T. XLV. Madrid, 1941, pag. 188-205.
- MARTÍ Y MONSÓ. Estudios histórico artísticos. Miñón. 1898. Valladolid, pag. 471-480
- MARTÍNEZ MARTÍNEZ, M.J. Aproximación iconográfica a la fachada de Santa María la Real de Aranda de Duero. Revista Biblioteca, 10.
- MÂLE, E. El gótico. La iconografía de la Edad Media y sus fuentes. Encuentro. Madrid, 1986
- MAYER, A. El estilo gótico en España. Madrid, 1960.
- QUINTANA, J. DE, "El púlpito de la Iglesia de Santa María de Aranda". En Boletín de la Comisión Provincial de Monumentos. Año VII. Primer trimestre. 1928. Nº. 22
- REPRESA RODRÍGUEZ, A. Informe documental sobre el plano de Aranda de Duero. "Aranda de Duero. Urbanismo. Geografía. Historia.". Burgos, 1987
- SANZ ABAD, P. Historia de Aranda de Duero. Burgos, 1975.
- VELASCO PÉREZ, S. Memorias de mi villa y de mi parroquia. Madrid, 1925. Reed. 1983.
- XIMENO, D. Estampas de mi álbum. Aranda y su comarca. Diputación. Burgos, 1968

3.- INTERVENCIONES REALIZADAS

En el año 1979, el Ministerio de Cultura ordenó una intervención de emergencia para consolidar en la Portada los elementos escultóricos en mayor peligro de desprendimiento, ante los signos alarmantes de presencia de fragmentos de piedra en el pavimento, desprendidos por acción de la lluvia y las palomas.

Los trabajos, de acuerdo con la documentación facilitada por la empresa C.P.A., se dirigieron a restaurar las fracturas existentes en la crestería y en el lateral derecho, así como en algunas tracerías de los doseletes de las esculturas bajo las gárgolas en los dos laterales de la Portada, empleando en todos los casos adhesivos de tipo Poliéster sin incluir refuerzos metálicos de ningún tipo, dada la sencillez de las fracturas resueltas.

Como medidas complementarias para la mejor conservación del Monumento se procedió a una limpieza mecánica de carácter general para la eliminación de los detritus de palomas y acumulaciones de polvo, que permitiera seguidamente la aplicación superficial de un hidrofugante para mejorar la resistencia frente al agua, a base de una disolución de acril-silicona formulada con Sinocryl 9122X, de fabricación I.C.I. en White Spirit con 10% de Resina de Silicona de fabricación General Electric.

Se comprobó la existencia de policromía original en el tímpano y en los medallones, con albayalde, azurita y oro en lámina entre otros materiales de pintura, así como una pátina monocromada, también original, sobre los demás elementos escultóricos a base de un estuco de yeso y emulsión óleo-acuosa, teñido de color siena por adición de ocre rojo y amarillo y negro animal; en los medallones el color había sido raspado conservándose sólo restos mínimos, mientras que en el tímpano se había ocultado repintando en color piedra con pintura de aceite con blanco de yeso, ocre y negro, siguiendo las normas comúnmente utilizadas por los arquitectos restauradores de los siglos XVIII y XIX que se inspiran en el idealismo académico de la época.

Como se aprecia en las fotografías adjuntas, un documento encontrado tras el crucificado del medallón central informa de la restauración llevada a cabo en 1854 con motivo del Dogma de Fe de la Inmaculada Concepción declarado ese año por Pío Nono, en la que pueden encuadrarse las tareas de supresión de las policromías, entre otras tareas.

En el año 1905, está fechada otra intervención restauradora, según la inscripción que aparece en la bóveda del intradós del portal, sobre el medallón izquierdo en que se cruzan los nervios, y que es de escayola, correspondiéndole asimismo la pintura azul del cielo y las estrellas realizadas. La modificación de la escalinata de acceso puede ser de esta misma intervención, así como la supresión del reloj de gran calibre que coronaba la Portada.

4.- LA PIEDRA DE LA PORTADA

De acuerdo con la documentación facilitada por C.P.A., la piedra que conforma la portada es una caliza de la zona, similar a la de Sepúlveda, de un tono rosa asalmonado, muy compacta y resistente y de dócil labra cuando contiene aún el agua de cantera.

Se trata de una caliza packstone bioesparítica, constituida por bioclastos cementados por calcita espática, los cuales se aprecian en las superficies más erosionadas de la parte baja de la portada. Tanto los clastos como el cemento contienen los óxidos de hierro que proporcionan el color rosado.

Es poco abrasiva y bastante homogénea, lo que indica unos bancos seleccionados de buena calidad para la piedra de talla.

Sus propiedades físicas y mecánicas son las siguientes:

- El color es de varios tonos ocre, variables entre el gris y el rojizo, pudiendo situarse como término medio en la escala Munsell el 10YR 6/3 uniforme.
- El peso específico varíe entre 2.150 y 2.400 Kg/m³.
- Su porosidad abierta es del 1% P/V.
- Las características de absorción de agua, previa determinación del contenido crítico de humedad en los poros de la piedra, muestran que esta caliza absorbe poca agua (1%) y que la incorpora rápidamente ($C=0,14$). En la curva de secado, el punto de inflexión correspondiente al contenido crítico del agua se sitúa en torno al 0,75%, que se alcanza al cabo de 24 horas aproximadamente.

5.- PATOLOGÍAS EXISTENTES

Las patologías que afectan a la portada de la iglesia de Santa María de Aranda de Duero son la que vienen afectando, en mayor o menor medida, a todos los edificios de estas características situados en nuestras ciudades.

Por un lado la suciedad, con depósitos de polvo, hollín y partículas procedentes de la contaminación o los excrementos de las palomas y por otro, las humedades, procedentes mayoritariamente del agua de lluvia, que provocan la degradación de la piedra, ya sea por lavado de la misma o por su combinación con otros agentes atmosféricos y medioambientales, como el viento, el hielo, o la presencia de anhídrido sulfuroso producido por las calefacciones e industrias del entorno.

La presencia de humedad también provoca el crecimiento de musgos y líquenes, que a su vez permiten el crecimiento de plantas y pequeños arbustos. Y por último, un factor muy importante en las fachadas realizadas en esta época: la presencia de hierro para el atado de los diferentes elementos de piedra que, con su oxidación ha provocado la fractura de la pieza que los contiene.

Pasamos a continuación a describir con mayor detalle todas estas patologías, así como su incidencia dentro de la portada que nos ocupa.

A) HUMEDAD

La causa de la degradación de la piedra, no es única. Es una combinación de varios factores y agentes la que provoca dicho deterioro. El más importante de todos ellos y sin el cual el resto no sería tan importante, es la presencia de humedad, según se describe a continuación.

En efecto, la humedad procedente del agua de lluvia es la principal causante de los deterioros que sufre la piedra con la que se construyó la portada de Santa María. Si observamos con detenimiento la portada, no damos cuenta que la diferencia entre el daño sufrido por la piedra que se encuentra expuesta a la lluvia y la que se encuentra protegida por el arco es notable. Así, podemos apreciar que la estatuaria y elementos decorativos más exteriores se encuentran muy deteriorados superficialmente por el continuo lavado por el agua de lluvia, lo que ha provocado el arrastre de las partes más blandas y ha propiciado la presencia de ampolladuras y escamas, llegando a la pérdida de material en las zonas más expuestas. La acción del hielo también ha provocado la aparición de microfisuras en la piedra, que permiten la entrada de agua y agentes contaminantes hacia el interior de las fábricas.

Este efecto se aprecia particularmente en los doseletes que cubren las figuras de los contrafuertes, donde la pérdida de material es importante, habiendo protegido, por otro lado la estatua que se encuentra debajo. También este efecto es muy acusado en las esculturas de las arquivoltas, en especial las situadas en la parte izquierda de la portada según se mira, debido a la mayor incidencia por el viento dominante y donde la degradación superficial es importante, habiendo perdido en algunos casos la definición formal de las mismas.

La combinación del elemento agua con otros factores, como la presencia de sales o de partículas procedentes de la contaminación atmosférica (polvo, humos, etc.) provoca la degradación de la piedra mediante la conversión del anhídrido sulfuroso en anhídrido sulfúrico, que a su vez transforma la caliza en sulfato cálcico (yeso). Este proceso se da fundamentalmente en las zonas no lavadas por el agua de

lluvia, pero afectadas por la humedad.

Por otra parte, la presencia de morteros de cemento, muy utilizados en las restauraciones llevadas a cabo durante este siglo tanto para el rejuntado de las fábricas como para la reintegración de pequeños volúmenes, en combinación con la humedad, provoca la formación de sales en la piedra caliza, y su consiguiente disgregación. Este efecto se aprecia con gran intensidad en la parte baja de la portada, donde los rejuntados con mortero de cemento son numerosos, lo que ha provocado, en combinación con la humedad de capilaridad la alteración de los sillares y su práctica descomposición.

Por último, la pérdida de material en las cornisas y guardapolvos provoca la circulación del agua por vías anómalas y la posterior degradación de la piedra afectada.

B) SUCIEDAD Y COSTRA

Las partículas de suciedad, polvo y contaminación, se acumulan fundamentalmente en las zonas más protegidas de las fachadas, como debajo de los doseles, cornisas, arquivoltas, guardapolvos, estatuaria, etc., es decir en las zonas donde no llega el agua de lluvia y no se produce el lavado de las mismas. En este caso, dadas las características de la Portada, existe una gran diferencia entre las zonas superiores, más limpias por estar sometidas a la acción directa del agua y con depósitos de suciedad por debajo de los elementos escultóricos y decorativos, cornisas y guardapolvos, y la zona interior, protegida por el gran arco, donde se observa una suciedad distribuida uniformemente y bastante acusada, al no penetrar el agua de la lluvia. Proviene sobre todo de las emisiones del tráfico rodado y las calefacciones de carbón de los edificios cercanos.

Estas partículas no afectan por sí mismas a la piedra más que de forma superficial, así como a la estética del conjunto, pero cuando reaccionan en presencia de la humedad es cuando provocan la formación de costra negra, que representa una alteración físico-química de la piedra subyacente. En este proceso se llega a la formación de yeso en la superficie exterior de la piedra, lo que provoca su reblandecimiento de la misma y una continua pérdida de volumen. Este fenómeno es apreciable en determinados puntos de la fachada, aunque no de forma generalizada.

Según se ha podido observar en otros casos, esta pátina de suciedad, cuando no existe humedad que la haga reaccionar, actúa como un elemento protector de la piedra y pátinas que se encuentran por debajo.

C) VEGETACIÓN Y COSTRA BIOGÉNICA

La vegetación se desarrolla principalmente en las zonas donde hay acumulación de humedad y donde la pérdida de los morteros o la presencia de pequeñas grietas y fisuras provoca la formación y crecimiento de pequeñas colonias de plantas y arbustos, que con sus raíces siguen horadando en la piedra y provocando pequeños desprendimientos de material.

Igualmente, en las zonas expuestas a la lluvia, como vierteaguas, pináculos, etc., se observa el crecimiento de musgos y líquenes de pequeño tamaño, pero muy extendidos. Es lo que conocemos como costra biogénica. Estas colonizaciones pueden descomponer la piedra desde unos mm., hasta algunos cm. en el caso de los musgos y favorecer la presencia de ácidos, perjudiciales para la piedra.

D) OXIDACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS

Otra de las lesiones bastante generalizadas en las construcciones realizadas en esta época, es la oxidación de los elementos metálicos (grapas, anclajes, vástagos, etc.) que atan y sujetan los diversos elementos escultóricos que componen las fachadas, a consecuencia de la humedad. Las grapas y anclajes empleados son de hierro y, al oxidarse, aumentan de volumen y producen la fisuración o fracturación de la piedra que los alberga, originando en algún caso el desprendimiento de pequeños fragmentos.

Esta patología, si bien no se observa a simple vista, por la experiencia adquirida en obras similares, es de esperar que haya producido el efecto anteriormente explicado.

E) BIODEPÓSITOS

Por último nos encontramos con los depósitos orgánicos producidos por las aves que anidan y viven en los alrededores de la catedral, en forma de excrementos y restos de aves muertas.

En esta portada, el daño causado por las palomas es bastante importante, pues al deterioro producido por la gran cantidad de excrementos que se van depositando en las fábricas, especialmente en los elementos más delicados, se une el producido por las propias aves al posarse sobre las esculturas y elementos decorativos. La situación de esta portada, con orientación sur, unida a la gran cantidad de huecos y zonas para posarse hace de esta portada un lugar muy atractivo para las aves, que anidan sin ningún impedimento, especialmente en la zona más protegida.

Por otro lado, la presencia de palomas ha provocado el lanzamiento de piedras hacia las mismas, lo que ha deteriorado superficialmente muchas esculturas, pues se encuentran llenas de picaduras.

F) PÉRDIDA DE MORTEROS

La descomposición, fisuración y pérdida de adherencia en morteros, tanto de rejuntado de sillares como de unión entre piezas es otra de las patologías observadas, si bien solo es de destacar la zona inferior de la portada, donde la presencia de mortero de cemento en los rejuntados es abundante, lo que ha provocado la degradación de las fábricas en esa zona, no siendo una lesión extensiva de la portada.

6.- CRITERIOS DE INTERVENCIÓN

Antes de pasar a describir los métodos propuestos para las diferentes intervenciones a realizar sobre la portada de la iglesia de Santa María, queremos poner de manifiesto los criterios generales que guían el espíritu de la intervención y en base a los cuales se definirán en el siguiente capítulo los sistemas concretos a realizar.

La intervención prioritaria consiste en la limpieza y consolidación general de la portada y se podría enclavar dentro de las labores de conservación, más que propiamente una restauración en el más amplio sentido de la palabra.

Si bien la labor fundamental a realizar en la fachada es la limpieza, consolidación y protección de todos los paramentos y detalles ornamentales, creemos que también es necesaria, tanto desde el punto de vista formal, como el funcional, la reintegración de alguno de los elementos decorativos perdidos con el paso del tiempo, en especial de los que definen las líneas arquitectónicas básicas del conjunto, los cuales, por otra parte, se encuentran en aceptables condiciones.

Por tanto, en la descripción de los métodos de intervención, aparte de los diferentes sistemas de limpieza que se aplicarán, en función de los distintos grados de suciedad y la presencia o no de pátinas de color, y de los tratamientos de saneado, rejuntado y protección de las fábricas, hay un capítulo importante dedicado a la reintegración de los elementos perdidos, ya sea en piedra natural o con morteros de restauración, según los casos, que se realizará fundamentalmente en los elementos que lo necesiten desde el punto de vista constructivo y funcional.

Otra partida importante que, sin embargo, no se puede definir con mucha precisión en la documentación gráfica de proyecto, será la sustitución de los anclajes metálicos oxidados, pues el daño que producen en las fábricas es importante. Como ya se ha comentado anteriormente, su presencia es difícil de adivinar sin andamios, pero intuimos que su existencia habrá provocado ciertos daños.

Queremos destacar también el importante daño producido por las palomas en la portada, lo que nos lleva a proponer la colocación de un sistema de protección contra estas aves.

7.- PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.

7.1.- PRECONSOLIDACIÓN Y LIMPIEZA PREVIA

Antes de iniciar los trabajos se realizará una revisión general y limpieza previa, eliminando manualmente cascotes, piezas sueltas (que serán recogidas para su posterior colocación), vegetación seca, etc.

Posteriormente, se procederá a la limpieza previa de toda la superficie de la piedra, eliminando depósitos superficiales de polvo, hollín y materias orgánicas, plantas, raíces, recrecidos y reparcheos en mal estado, detritus de animales, etc. actuando con cepillos de cerda, aspirador, chorro de aire a baja presión y otros medios mecánicos adecuados a los diferentes problemas. Para la eliminación de las plantas se utilizarán herramientas adecuadas, de pequeño calibre, que permita la extracción de las raíces del interior de las juntas y grietas. Previamente a la extracción se pulverizarán con herbicida y una vez seca la planta, se realizará dicha operación.

Este procedimiento se realizará de forma generalizada en toda la fachada, como paso previo a los demás sistemas de limpieza. Se tendrá especial cuidado en no intervenir en las zonas muy degradadas, donde este tipo de limpieza pueda perjudicar las fábricas en estado pulverulento o muy deterioradas a las que habrá que realizar una consolidación previa con los productos más adecuados.

En las zonas decoradas y estatuaria que no presente pátina de color se realizará una preconsolidación con silicato de etilo mediante brocha o fumigador, dependiendo de las zonas.

El silicato de etilo, una vez aplicado sobre la piedra, polimeriza formando un gel de sílice y liberando alcohol. De este modo, el precipitado final es un gel de sílice que ocupa un volumen menor que el líquido de tratamiento, de forma que no rellena los poros por completo. Al mismo tiempo, la reacción con la humedad de la piedra, comporta una abundante microfisuración del producto, lo que va a permitir la transferencia de humedad a través del material.

El proceso a seguir para la estatuaria y las zonas más delicadas será el siguiente: limpieza cuidadosa con sistema láser de los labios o entorno próximo de la zona descohesionada; preconsolidación de la misma con los productos antes mencionados mediante su aplicación superficial con pinceles e inyecciones; limpieza mediante sistema láser o papetas; consolidación y/o reintegración de la parte dañada.

En las zonas donde exista pátina de color, como el tímpano, el proceso se llevará a cabo mediante resina acrílica adicionada con un siloxano diluido en White Spirit, aglomerando la superficie arenizada pero dejando permeable la base, para una posterior extracción de sales o una consolidación.

No obstante, antes de proceder a la aplicación de los productos mencionados se realizarán los oportunos ensayos con el fin de determinar la idoneidad de los mismos, así como el método y las condiciones de aplicación más adecuados.

7.2.- LIMPIEZA

Su finalidad es eliminar de la superficie de la piedra aquellos tipos de suciedad que causen deterioro en la piedra subyacente o que provoquen perturbaciones de carácter estético para la percepción del conjunto de la portada. En este sentido, los depósitos de polvo y de excrementos, los distintos tipos de vegetación, las pátinas de suciedad, las costras negras y las sales solubles serán los elementos que deberán eliminarse en la portada.

Se establecerán distintos sistemas de limpieza en función de la patología específica de cada zona, los cuales se aplicarán sobre un mismo objeto de forma sucesiva, según lo requiera el tipo de suciedad que deba eliminarse. En principio es preferible el empleo de cualquier tipo de limpieza en seco que no movilice las sales.

a) Limpieza mecánica

En las zonas cohesionadas, y en general en todas las partes de la portada que no presenten elementos descohesionados o pulverulentos, se actuará con microchorro de alta precisión y materiales de baja abrasividad, tales como microesfera de vidrio o talco, siempre actuando con presiones controladas (en torno a 1,5 Kg/cm²) y bajo la supervisión de la Dirección Facultativa. Una variante de este sistema, que permite suavizar el impacto de las partículas proyectadas sobre la piedra, es mediante la aplicación simultánea de una nebulización de agua y alcohol. En detalles puntuales y de difícil accesibilidad para la maquinaria, se podrá emplear torno de dentista.

Sobre zonas delicadas, se actuará aplicando con pulverizador de mano, una disolución conteniendo a partes iguales Agua/Alcohol/Amoniaco, ayudados de la acción mecánica de cepillos de cerda suave.

En zonas altamente delicadas por su importancia o grado de alteración, siempre que no exista pátina de color, se utilizará el método de desincrustación fotónica basado en la utilización de la Técnica LASER ARTLIGHT, con una potencia de 103 W/cm² y una frecuencia 3-10 s P/A.

Se aplicará por regla general a las partes más delicadas de la estatuaria (caras, manos, etc.), especial de las arquivoltas y en general en zonas que se encuentren en un estado elevado de descohesión.

Si se descubriera la presencia de pátinas de color que pudieran verse afectadas por este sistema se aplicarán otros alternativos, como la nebulización o las papetas. En el caso de existir repintes difíciles de eliminar por los procedimientos anteriores, se procederá a su eliminación mecánica con bisturí.

b) Limpieza química.

En zonas puntuales donde existan concreciones negras, grasas, etc. se reblandecerán utilizando emplastos del tipo pasta AB-57 reforzada con 50% de EDTA y espesada con carboximetil-celulosa, aplicándose sucesivamente hasta obtener el grado de limpieza deseado.

La limpieza de contaminantes grasos se realizará también mediante tamponado con disolventes orgánicos formulados con base en la N-Butilamina, Dimetil foramina y Tricloroetileno, solos o adicionados con Bentonitas o Gel de Sílice hasta obtener la tixotropía adecuada, ayudándose de cepillos de cerda suaves, para la eliminación de restos de los emplastos.

Las costras altamente endurecidas y adheridas se eliminarán mediante aplicación de pasta de celulosa: Carboximetil celulosa con Bifloruro Amónico en proporción adecuada.

En el caso de sales superficiales, la limpieza se realizará mediante sucesivas aplicaciones de papillas tipo atapulgita celulósica o sepiolita, con procedimiento AIR-LESS.

Las dos primeras aplicaciones serán sobre todo el área a tratar, reincidiendo en zonas concretas donde las sales aún permanezcan; cuando las papillas estén secas se separarán de forma manual, dando un cepillado suave para la eliminación de restos aún adheridos.

Para la extracción de sales más profundas o para la eliminación de éstas en zonas de pátina con aglomerantes solubles en agua, se aplicará una disolución de Hidróxido de Bario al 1% en agua desionizada.

Para la extracción de estas últimas, pulverizaremos la superficie con una mezcla de agua destilada y alcohol al 10%, volviendo a aplicar las papillas de atapulgita sobre la superficie, con la salvedad de añadir alcohol en la preparación de la papilla.

c) Tratamiento biocida.

En las zonas con colonias biológicas, se aplicará un tratamiento algicida y fungicida para la eliminación y la prevención de nuevas colonias de líquenes, algas y mohos, mediante una primera aplicación con disolución de Aldehído Fórmico al 1% con pulverizador "Air-less" y una segunda aplicación a brocha de compuesto de Amonio Cuaternario en disolución hidroalcohólica al 3-5% aplicado con fumigadores y haciéndolo penetrar en intersticios mediante la boquilla adecuada, eliminando mecánicamente los restos biológicos secos.

El tratamiento de eliminación de musgos y líquenes es importante para prevenir la colonización por otras especies vegetales superiores.

7.3.-TRATAMIENTO DE JUNTAS Y FISURAS.

Con carácter general, se procederá al saneado de todas las juntas de paramentos, elementos ornamentales, estatuaria, etc. Se eliminarán las zonas reintegradas con mortero de cemento o resinas, eliminando polvo, hollín, materias orgánicas e incluso los morteros descompuestos o degradados. Se tendrá especial cuidado para no romper los labios del sillar, por lo que se utilizarán los métodos más adecuados para cada situación. Todas las juntas se limpiarán y sanearán, eliminando el material disgregado hasta llegar al material sano, utilizando cepillos y aire a presión moderada mientras sea posible.

Las caras interiores se desengrasarán con disolventes (Tricloroetileno, Alcohol Etilico) y se humectarán a fin de prepararlas adecuadamente para el posterior rejuntado mediante retacado con mortero de cal tradicional, compuesto por cal grasa, árido de sílice y polvo de mármol, al que se añadirá una cierta cantidad de pigmentos naturales para lograr la tonalidad adecuada.

Se realizarán ensayos que den la proporción más adecuada de las mezclas a utilizar, de acuerdo con lo constatado en la tarea de resanado. Como acabado se cepillará la superficie de la junta antes de su fraguado.

Todas las grietas y fisuras de la superficie de la piedra, fuentes de penetración del agua, se limpiarán y desengrasarán con tricloroetileno o alcohol y posteriormente se sellarán con ayuda de espátula y con mortero de Mowilith-50 de Hoesch o similar, aglomerado con piedra triturada.

7.4.-REPARACIÓN DE PIEZAS ROTAS.

Tanto las piezas rotas como las grietas y fracturas, recibirán un tratamiento especial consistente en su reparación utilizando como adhesivo resinas epoxídicas o de poliéster de viscosidad adecuada, según la rapidez de fraguado exigibles en cada caso, previa limpieza igual a la de juntas y fisuras.

Para reforzar las uniones de piezas, se insertarán espigas metálicas de acero inoxidable roscadas, bronce al manganeso o varillas de fibra de vidrio con diámetros variables según criterio de la Dirección Facultativa, cementadas en profundidad con mortero especial compuesto por la resina antes usada, adicionándole, si fuese necesario, gel de sílice para obtener una tixotropía adecuada y marmolina o árido de sílice como carga mineral.

En general, la portada no presenta grietas ni fisuras de importancia, por lo que este tratamiento se aplicará de forma localizada.

Se procederá de forma generalizada a la extracción de las grapas metálicas que, por su oxidación, hayan provocado la fisuración de las fábricas en que están incluidas. Para proceder a la extracción de grapas, clavos, vástagos, anclajes, refuerzos y demás elementos metálicos se desmontarán, siempre que sea posible, las piezas que los contienen.

Una vez alcanzado el anclaje, se eliminará y se sustituirá por otro de acero inoxidable, fibra de vidrio o titanio, fijándolo con mortero de resina epoxi, para proceder a continuación al cosido de la pieza fracturada.

Aquellos elementos metálicos que no puedan ser extraídos serán tratados mediante granallado o lijado para eliminar todos los restos de óxido y aplicación de tratamiento antioxidante para protección exterior a base de imprimaciones de minio de plomo, esmalte sintético y pintura de plumbagina. Posteriormente, se colocará una masilla elástica para evitar el contacto directo con la piedra y se coserán los elementos fracturados de acuerdo con el método explicado anteriormente.

Previo a la realización de esta sustitución generalizada de elementos de hierro oxidados se realizará un estudio que nos permita el conocimiento exacto de la disposición y tamaño de los mismos, tanto si están oxidados como si no lo están y tanto los que quedan vistos, o se conocen por haber fracturado alguna pieza, como los que quedan ocultos. Para el conocimiento de estos últimos, se utilizará un detector de metales.

7.5.- CONSOLIDACIÓN

Tiene por objeto mejorar la cohesión de la superficie de la piedra, devolviéndole su dureza original, sin alterar el resto de sus propiedades. A su vez la consolidación mejora la resistencia mecánica de la piedra y la adhesión entre las partes más deterioradas y las sanas.

Una vez efectuada la limpieza de las fábricas por cualquiera de los métodos explicados anteriormente y antes de proceder a la reintegración de las zonas que lo necesiten, se procederá a la consolidación de las partes descohesionadas con silicato de etilo. Los productos deben aplicarse en las condiciones de humedad y temperatura ambientales especificadas y deberán dejarse como mínimo 20 días antes de realizar cualquier otra intervención sobre la zona, pues es el tiempo necesario para su polimerización.

Durante su aplicación, es muy importante asegurarse que el producto consolidante penetra hasta la parte sana de la piedra, ya que la existencia de una capa de piedra deteriorada y blanda entre dos capas de piedra coherente, provocaría exfoliaciones y desprendimientos.

No obstante, antes de proceder a la aplicación de los productos especificados, se realizarán los ensayos oportunos que corroboren la idoneidad de los mismos

7.6.- RENOVACIÓN Y REINTEGRACIÓN

Gran parte de los vivos, ya sean de cornisas, molduraciones y salientes o incluso también en paramentos lisos, se ven afectados por una falta de volumen causada por la disgregación de la piedra o por desprendimientos, muchos de los cuales será necesario reconstruir, dada la función primordial que tienen tanto en la composición como en el funcionamiento de la portada.

Llamamos *renovación* a la operación de sustitución de las piezas de fábrica que se encuentran en un estado elevado de degradación, por otras nuevas realizadas con el mismo tipo de piedra.

Con carácter general, en elementos de evacuación de agua, tales como cornisas, vierteaguas, guardapolvos, etc., cuando el nivel de degradación de la pieza sea superior al 20% de su volumen, se procederá al cajado y reposición en piedra del elemento definido en sus líneas arquitectónicas y con un tizón de 20 cm. de traba en el mismo soporte.

Igualmente, como criterio general, serán susceptibles de renovación los sillares que tengan una pérdida de material superior al volumen a sanear, o que se encuentren en estado avanzado de degradación y no sea posible su recuperación.

Por otro lado, existen pérdidas de elemento pétreo en bordes de cornisas, salientes de piezas, pliegues de mantos, detalles ornamentales, etc. e incluso en paramentos planos, donde los efectos indeseados de humedades y secuencias de heladas han ocasionado pérdidas volumétricas de menor importancia. En estos casos, la operación a realizar es la *reintegración*, ya sea con piedra natural o morteros de restauración.

El objeto de estas reintegraciones es, por un lado, consolidar y reforzar las piezas descohesionadas y dañadas mediante el sellado y recomposición de las zonas erosionadas, para evitar la entrada de humedad y agentes contaminantes por la área afectada y por otro, mantener y mejorar una definición formal que, de otra forma se iría desdibujando y perdiendo con el paso del tiempo. La realización con piedra natural o mortero de restauración dependerá de la importancia y volumen de la pieza objeto de la intervención.

Se utilizará la piedra natural cuando el volumen a realizar sea importante, mientras que el mortero se usará en los casos donde las faltas sean menores y la utilización de la piedra supondría la pérdida de un volumen superior a lo que falta.

Para la reintegración con piedra natural, se realizará un cajeado para llegar a la piedra sana y se desengrasarán los bordes con disolvente tricloroetileno; posteriormente, las piezas nuevas se colocarán y recibirán con mortero, compuesto por cal grasa, árido de sílice y pigmentos naturales, eliminando todos los residuos y dejando las juntas en perfecto estado.

Si fuese necesario, las uniones se reforzarán con un cosido doble en aspa, consistente en una perforación en diámetro de 4 mm. superior a la armadura, inyección de mortero de resina, colocación de varilla de acero inoxidable, bronce o fibra de vidrio con diámetros comprendidos entre 4 y 12 mm. y sellado con mortero de cal. Si la pieza tiene una dimensión importante, se grabará, en una parte no muy visible la inscripción "R", que nos permita documentar la intervención.

Las erosiones pequeñas se restaurarán mediante prótesis con piedra artificial, adaptándose a los límites definidos con un simple resaneo de las partes erosionadas o descompuestas, imitando con calidad la piedra adyacente mediante la reintegración con mortero de restauración que esté aglomerado con carga de piedra triturada y de granulometría adecuada, pigmentado en masa hasta conseguir la tonalidad deseada, sustentándolo y reforzándolo con una estructura metálica formada por varillas de acero inoxidable, fibra de vidrio o bronce, ancladas a la piedra mediante taladros y resina epoxi, aplicando el mortero por capas, esculpiendo y cepillando la superficie.

En casos especiales, también se puede realizar con mortero tradicional pétreo formado por cal grasa y árido de sílice, teñido en masa con pigmentos naturales, refuerzo metálico igual que el anterior, encofrado del volumen mediante molde especial de látex o silicona, vertido del mortero y vibrado para la eliminación de burbujas de aire y mejor adaptación al molde.

7.7.- HIDROFUGACIÓN Y PROTECCIÓN.

La hidrofugación tiene como objetivo paliar o ralentizar la acción de los agentes medioambientales, dificultar la penetración del agua y los productos contaminantes en ella disueltos, así como evitar el depósito en la superficie de la piedra de partículas sólidas de contaminación

La impermeabilización de la superficie de la piedra cuando está expuesta a la humedad o realiza una función de evacuación o protección, como es el caso de las cornisas, vierteaguas, goterales y guardapolvos, o en casos donde sea posible la retención del agua se realizará mediante la aplicación de una resina epoxi cicloalifática, tipo EUROSTAC, de fácil penetración y mayor resistencia a la degradación por rayos ultravioleta.

En cuanto a la protección superficial de todo el conjunto, debemos distinguir entre dos campos diferentes: el de la piedra desnuda y el de los estucos y pátinas que, en algunas áreas recubren las fábricas.

Los productos recomendados por los especialistas para su empleo en piedra caliza, de acuerdo con las pruebas de laboratorio recogidas en diferentes estudios , se reducen esencialmente a:

- 1.- Resinas de Acril-Silicona disueltas en disolventes orgánicos.
- 2.- Esteres Silícicos del Alcohol Etílico y resinas de silicona.

La aplicación de estos productos se efectúa generalmente, en estado puro o diluidos en otros disolventes tipo White Spirit, o Alcohol Etílico; o también formulando mezclas según las particularidades presentes en cada sector de la superficie pétreo.

El tratamiento de consolidación e hidrofugación en piedra desnuda, se realizará mediante la aplicación de Acril-Silicona que es el procedimiento más adecuado dado su carácter de reversibilidad y buen comportamiento en este tipo de piedra.

En las zonas con pátina estable, parece conveniente no aplicar ningún producto, ya que la experiencia de conservación ha sido positiva y cualquier producto añadido podría resultar inconveniente además de innecesario, pero ante la presencia de picaduras o microfisuras que pudieran constituir el inicio de los procesos de erosión puede resultar muy conveniente reforzar la cohesión con formulaciones de Acril-Silicona.

La aplicación de productos debe obedecer a una zonificación previa rigurosamente establecida, que defina los problemas que en cada caso se pretende resolver con la formulación adecuada, evitando en la medida de lo posible aplicaciones generalizadas. No obstante, antes de la aplicación de ningún producto, se realizarán los oportunos ensayos que permitan establecer la idoneidad de los mismos y su aplicación.

Igualmente, se realizará un estudio de los tratamientos de hidrofugación aplicados con motivo de la intervención en la portada en el año 1979, para comprobar su evolución con el paso del tiempo, así como la efectividad de los mismos y poder así determinar su eficacia.

7.8.- EMPLOMADOS

Tras las obras realizadas en 1984, se eliminó la cubierta que vertía aguas sobre la parte posterior de la portada y evacuaba a través de las gárgolas existentes a ambos lados, con lo que se han eliminado los problemas de humedades tanto en las fábricas superiores como en la inferiores por rebote del agua sobre la acera.

Para la protección de la portada por su parte superior se efectuará la impermeabilización de la terraza mediante la colocación de láminas de plomo con despieces no mayores de 90 cm. Las uniones serán engatilladas, con vuelo y goterón. Las piezas especiales serán fabricadas o preparadas en taller.

El plomo se dispondrá sobre lámina de poliestireno expandido de celda cerrada. Las pendientes del soporte se formarán mediante mortero de cal con carga de marmolina y árido de sílice, con espesor mínimo de 1 cm. El mortero estará armado con mallatex cosido a la piedra mediante grapas de fibra de vidrio y alzado de su contacto con separadores. Se respetarán los despieces de cantería ejecutando juntas de dilatación con masilla elástica neutra.

7.9.- RECUPERACIÓN DE LA POLICROMÍA DEL TÍMPANO

Según se aprecia en las fotografías adjuntas, la Portada de Santa María de Aranda de Duero pudo obedecer a un esquema cromático original en el que los elementos policromados de los medallones y el tímpano (quizás también los escudos) resaltarán sobre el resto monocromo. Los restos que se aprecian por debajo de las pátinas de suciedad, así parecen atestiguarlo.

Sin embargo para el perfecto conocimiento tanto de las policromías originales como de los tratamientos posteriores, tanto para repolicromar, como para ocultar el color, deberán realizarse unos estudios estratigráficos de las diferentes partes que componen la portada.

El criterio general de intervención en esta zona será la recuperación en lo posible de los colores originales, eliminando los repintes y las pátinas de ocultación. Una vez realizada esta operación se decidirá, en función del resultado obtenido, el grado de reintegración de los mismos para conseguir un resultado cromático coherente y a la vez respetuoso con la fachada.

La policromía que mejor se conserva, aunque está muy desgastada, es la del tímpano, estando recubierta por pintura al óleo que no es difícil de eliminar ya que la policromía subyacente es a base de una ténpera o emulsión óleo-acuosa de bastante solidez, de acuerdo con los datos obtenidos tras la intervención de 1979.

7.10.- REPRODUCCIÓN DE LAS PUERTAS

Los paneles que forman parte de la puerta de entrada, dado su gran valor y calidad y el estado en que se encontraban, han sido recientemente restaurados, encontrándose en estos momentos la puerta con unos paneles lisos de forma provisional, hasta que se acometa la restauración total de la portada.

Al ser una zona baja, la puerta está sometida a las inclemencias meteorológicas, así como agresiones humanas, por lo que se considera necesaria la realización de una reproducción de los relieves restaurados para su colocación en dicha puerta, mientras los originales serían enviados al museo situado en la misma iglesia, con el fin de asegurar su durabilidad.

Las reproducciones se realizarán mediante la ejecución de un molde formado por varias capas de silicona tixotrópica y contramolde de poliéster reforzado con malla de fibra de vidrio para la posterior ejecución de la pieza en araldit madera reforzada con manta de fibra de vidrio y la adición de colorantes para conseguir la textura y color similares a la madera de nogal actual.

Se realizará una limpieza general en la puerta y un tratamiento consolidante y protector con Paraloid y cera microcristalina.

7.11- SISTEMA ANTI-PALOMAS.

Se considera imprescindible el alejamiento de las aves de la portada que nos ocupa, al ocasionar con sus garras y sus excrementos, graves deterioros en la misma, dado el atractivo que supone para ellas la facilidad de anidamiento entre sus múltiples huecos.

Para ello, se propone la instalación de un sistema electrostático que no permite el acercamiento de la aves, mediante la formación de un campo magnético que no pueden soportar, sin dañarlas, no ocasionando molestias al hombre ni deterioros en la piedra.

Este sistema consiste en la colocación de una instalación realizada con hilo de acero inoxidable, a través de la cual pasan unos impulsos periódicos cada segundo, de tensión estática y bajísima potencia, lanzado por uno o varios generadores, creando un campo electrostático a su alrededor de entre 20 y 100 cm.

8.- DOCUMENTACIÓN Y TOMA DE DATOS

Durante las obras, se documentarán todas las operaciones a realizar llevando a cabo un seguimiento consistente en: reportaje fotográfico de todos los procesos, levantamiento de patologías y tratamientos y fichas de intervención.

Se realizarán los análisis y controles relatados a continuación, así como otros que pudieran surgir durante las obras, tales como extracción de muestras, realización de ensayos: físicos, químicos y petrográficos; estratigrafías, controles del proceso de tratamientos, fraguado y evolución de morteros, etc.

En especial, se realizarán los siguientes:

- Ensayos con los morteros de rejuntado
- Estratigrafías en diferentes zonas de la portada
- Estudio de diferentes consolidantes e hidrofugantes para su aplicación
- Estudio de los tratamientos de hidrofugación aplicados en 1979.
- Localización y mapeado de los hierros ocultos.

Para la realización de estos ensayos, se aplicará una partida del 2% sobre el presupuesto total de la obra, considerándose implícitamente incluido en el presupuesto.

Aranda de Duero, marzo de 2000

José M. Álvarez Cuesta - Javier Garabito López

MEMORIA FOTOGRÁFICA

FOTOGRAFÍA Nº 1

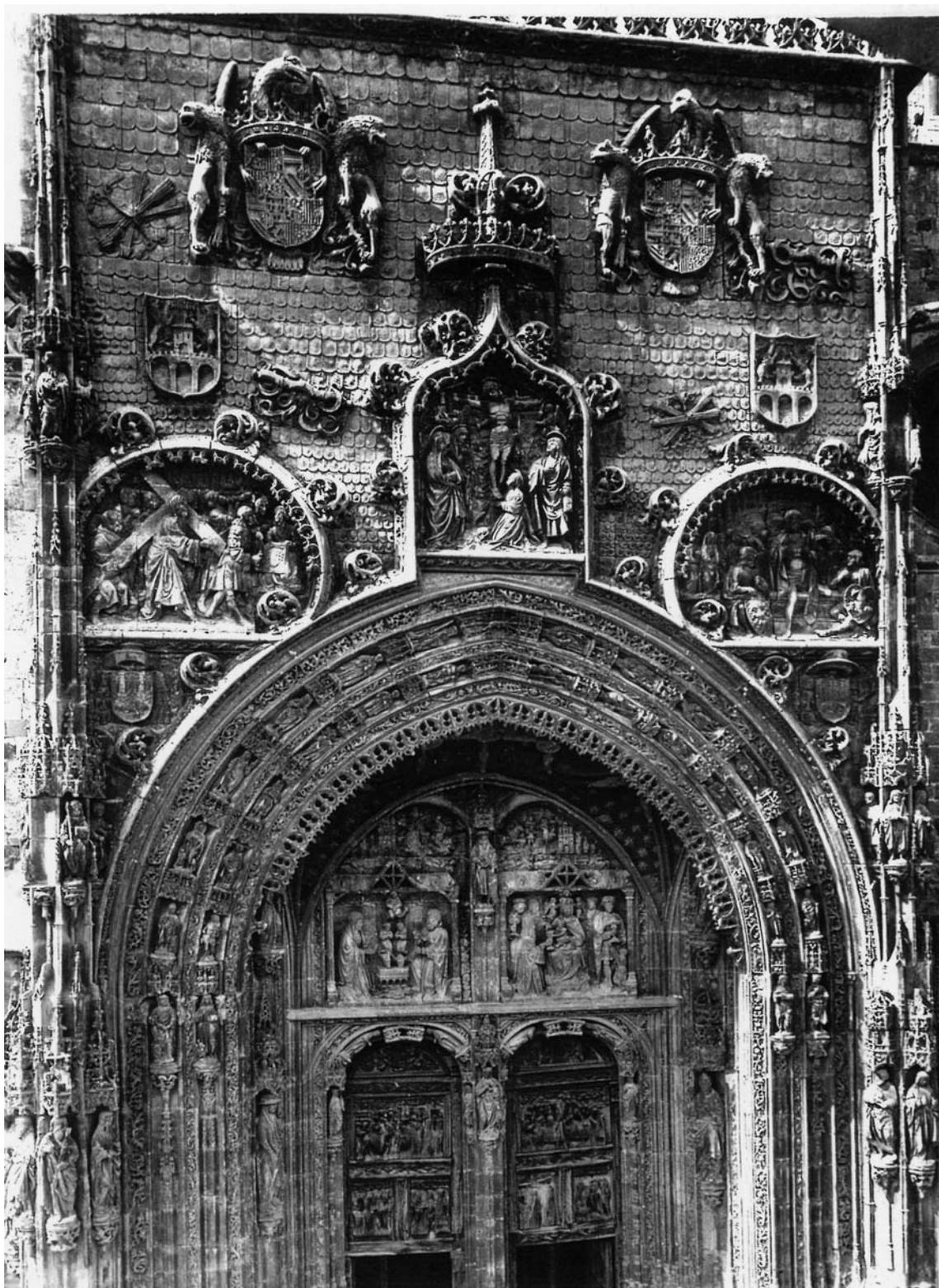
Foto de archivo del año 1905.

Es la fotografía más antigua que tenemos, conservando entonces la portada el reloj de gran calibre y la escalinata semicircular.



FOTOGRAFÍA Nº 2

Foto de archivo del año 1951.



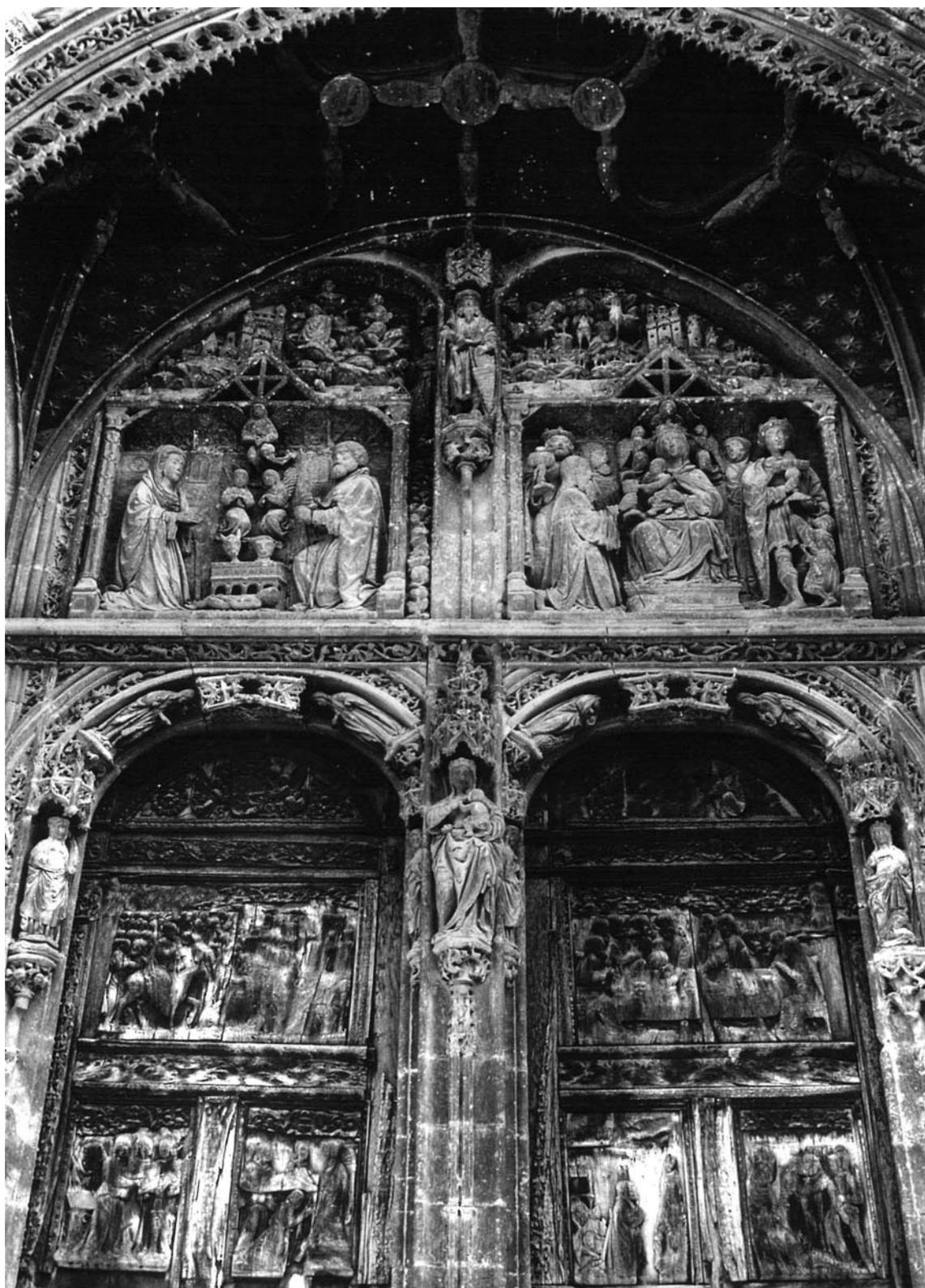
FOTOGRAFÍA Nº 3

Foto de archivo del año 1951.
Detalle del intradós.



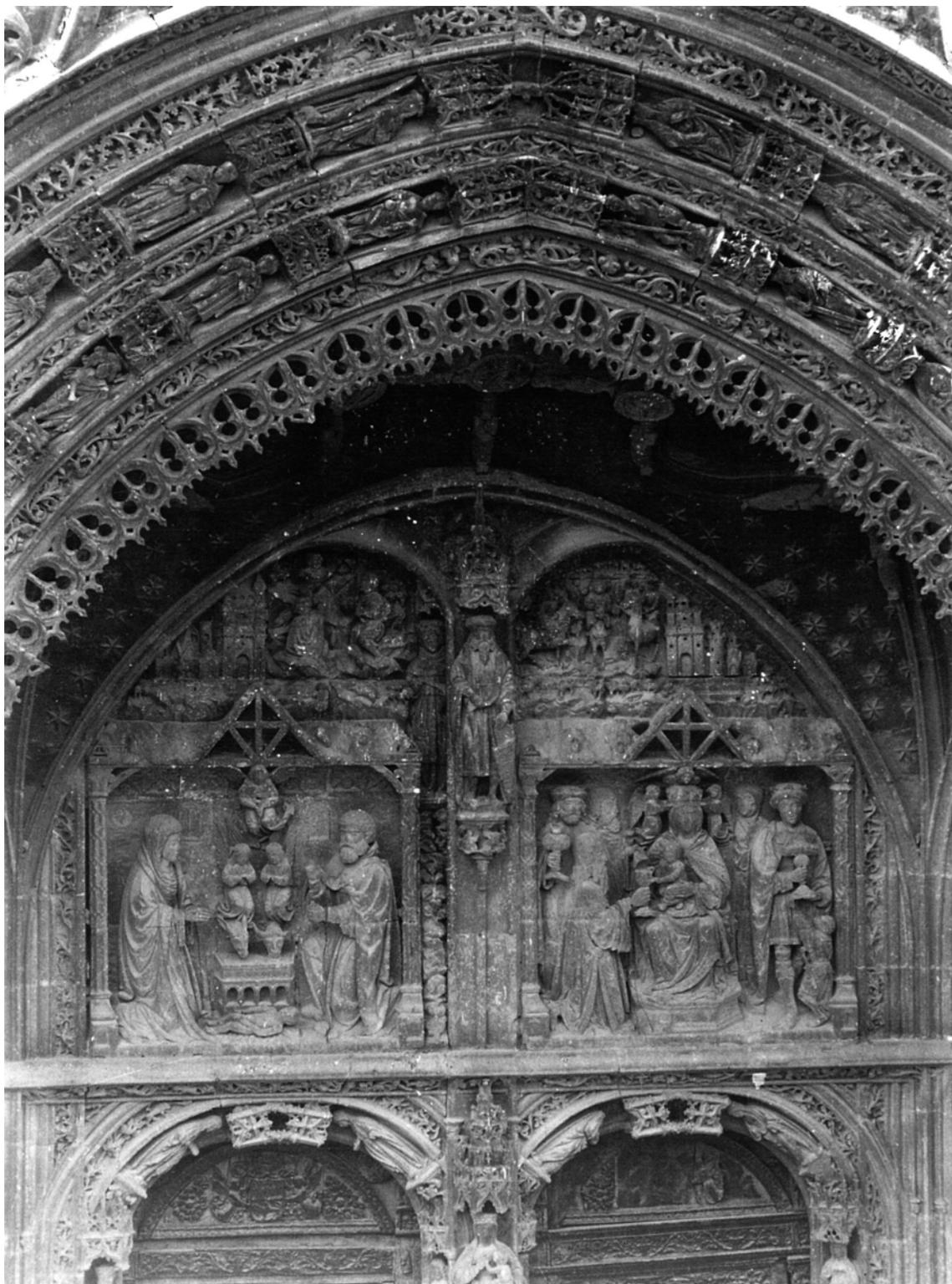
FOTOGRAFÍA Nº 4

Foto de archivo del año 1951.
Detalle del intradós.



FOTOGRAFÍA Nº 5

Foto de archivo del año 1951.
Detalle del tímpano.



FOTOGRAFÍA Nº 6

Foto de la fachada del año 1976.



FOTOGRAFÍA Nº 7

Intervención del año 1.979.

Investigación de los repintes del año 1855 para ocultar la policromía del tímpano.



FOTOGRAFÍAS Nº 8 y 9

Cuerpo superior de la fachada. Se puede observar los distintos grados de suciedad que la afectan, así como las pérdidas materiales de la crestería.



Tímpano. Se aprecian los restos de la policromía, así como la presencia de aves, que requiere un sistema de alejamiento.



FOTOGRAFÍAS Nº 10 y 11

Detalle del tímpano. El Nacimiento. Restos de policromía. Presencia de aves. Perdidas materiales en elementos arquitectónicos y estatuaria.

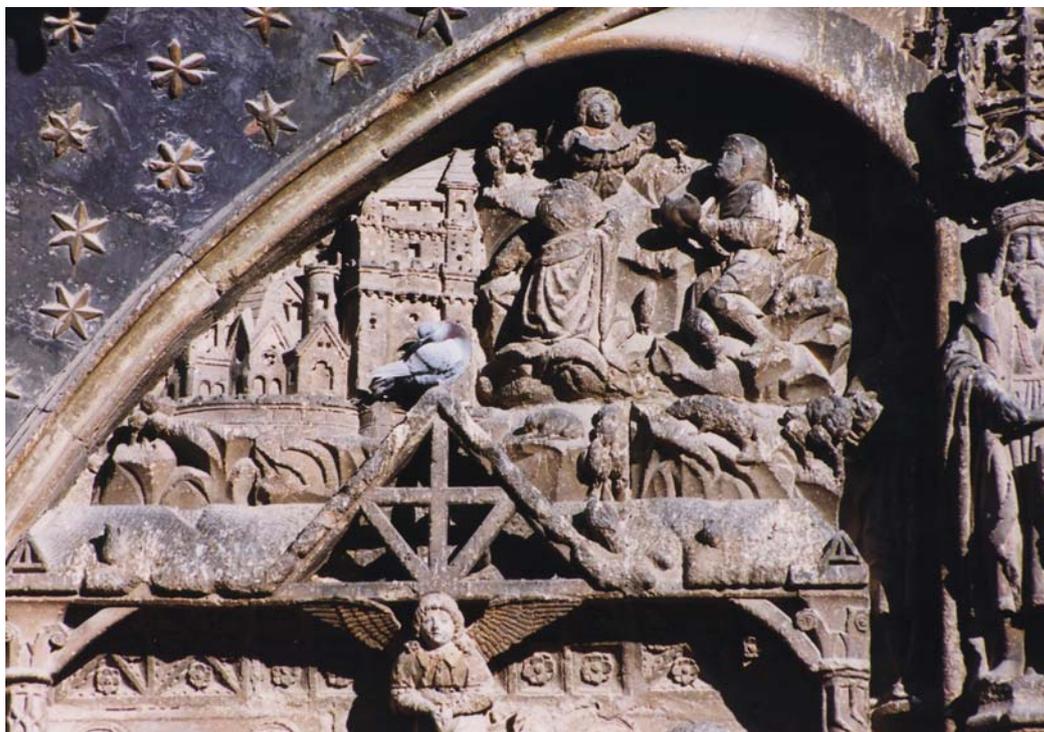


Detalle del tímpano. La Epifanía. Similar al anterior.



FOTOGRAFÍAS Nº 12 y 13

Detalle del tímpano. La Anunciación a la Virgen. Restos de policromía. Presencia de aves. Perdidas materiales en elementos arquitectónicos y estatuaria.



Detalle del tímpano. La Anunciación a los pastores y los Reyes magos. Similar al anterior.

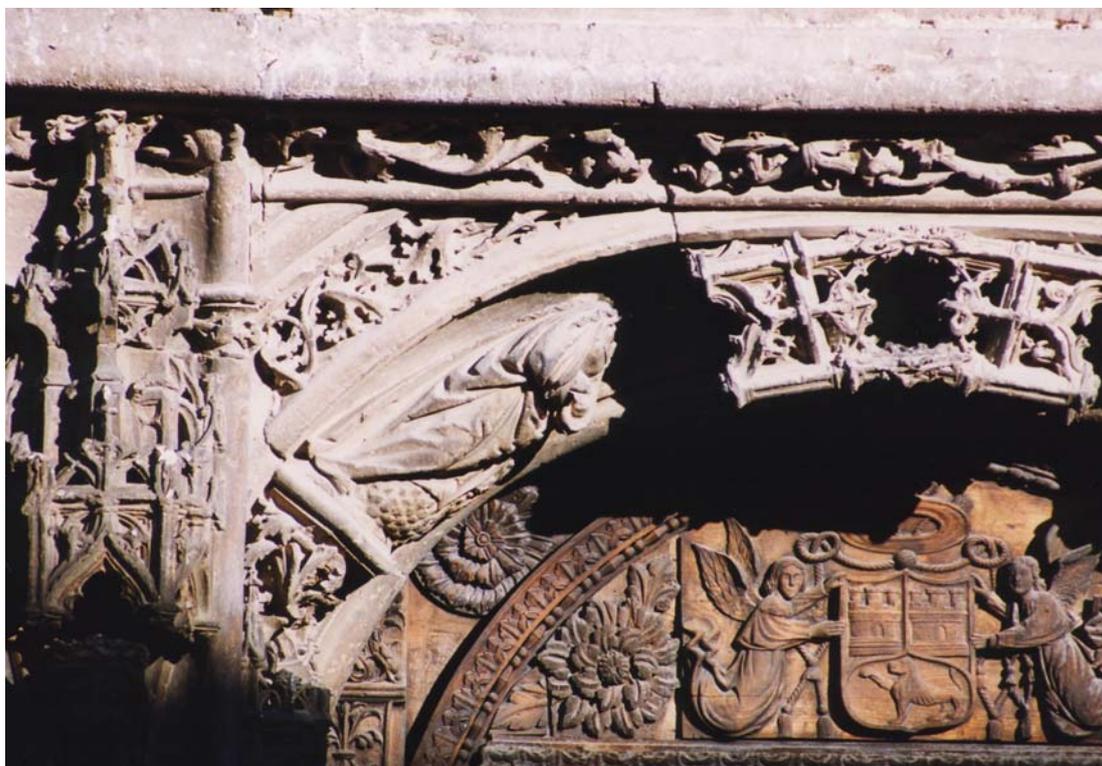


FOTOGRAFÍAS Nº 14 y 15

Puertas de acceso en portada. No están colocados los altorrelieves, ya que están desmontados y restaurados.



Detalle del arco de una de las puertas. Único relieve no desmontado.



FOTOGRAFÍAS Nº 16 y 17

Cuerpo superior. Escudo real de Felipe I, con águila de san Juan. Diferentes grados de suciedad.



Ídem anterior. Crestería.



FOTOGRAFÍAS Nº 18 y 19

Escudo de Aranda de Duero. Yugo de los Reyes católicos. Escamado de portada. Diferentes grados de suciedad. Costra en florones.

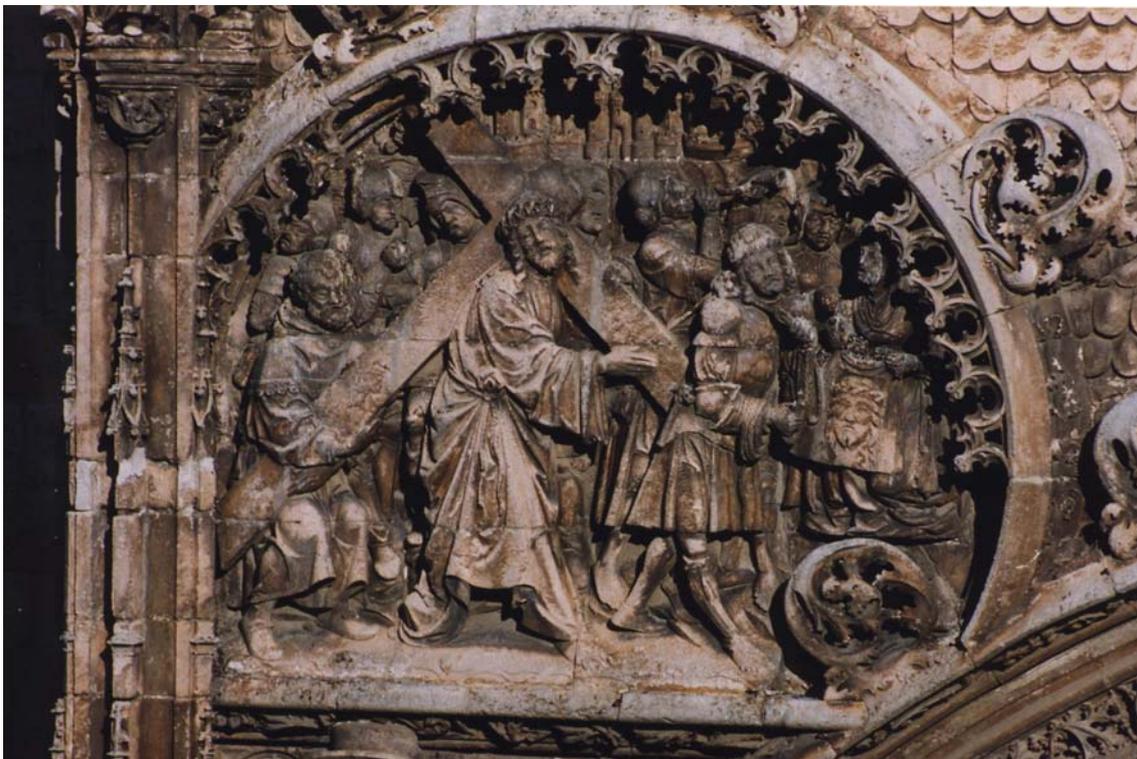


Escudo del Obispo Enríquez en enjutas. Pérdidas de material. Suciedad y costra.



FOTOGRAFÍAS Nº 20 y 21

Medallón. Camino del Calvario. Suciedad y costra. Pérdidas materiales y degradación superficial.

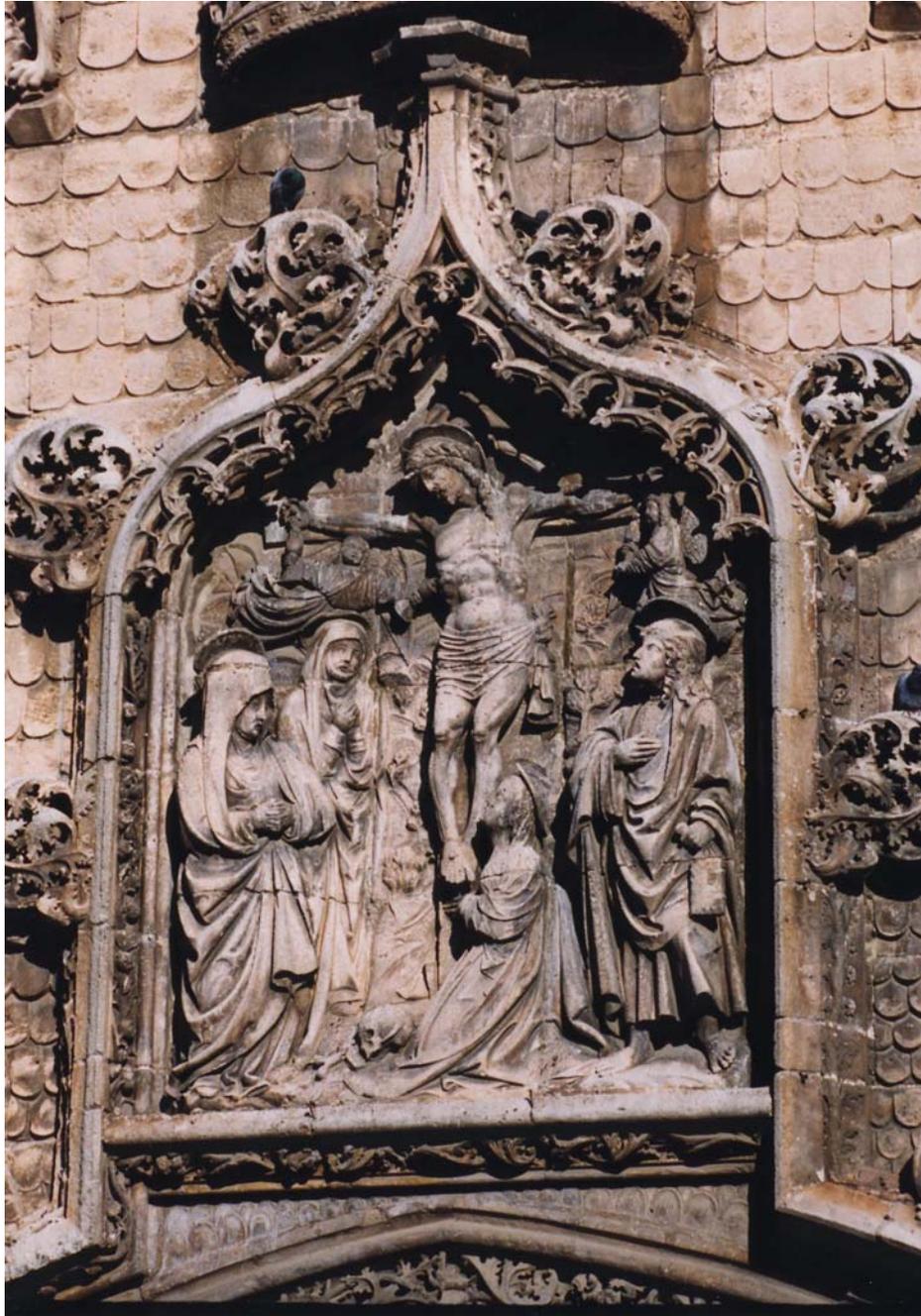


Medallón. Resurrección. Ídem anterior.



FOTOGRAFÍA Nº 22

Arco florenzano. Crucifixión. Se aprecia los lavados diferenciales de la portada.



FOTOGRAFÍAS Nº 23 Y 24

Figuras del primer cuerpo. Pérdidas materiales. Suciedad. Degradación superficial.



Ídem anterior.



FOTOGRAFÍA Nº 25

Arquivoltas. Degradación superficial. Pérdidas materiales en elementos arquitectónicos y estatuaria. Suciedad.



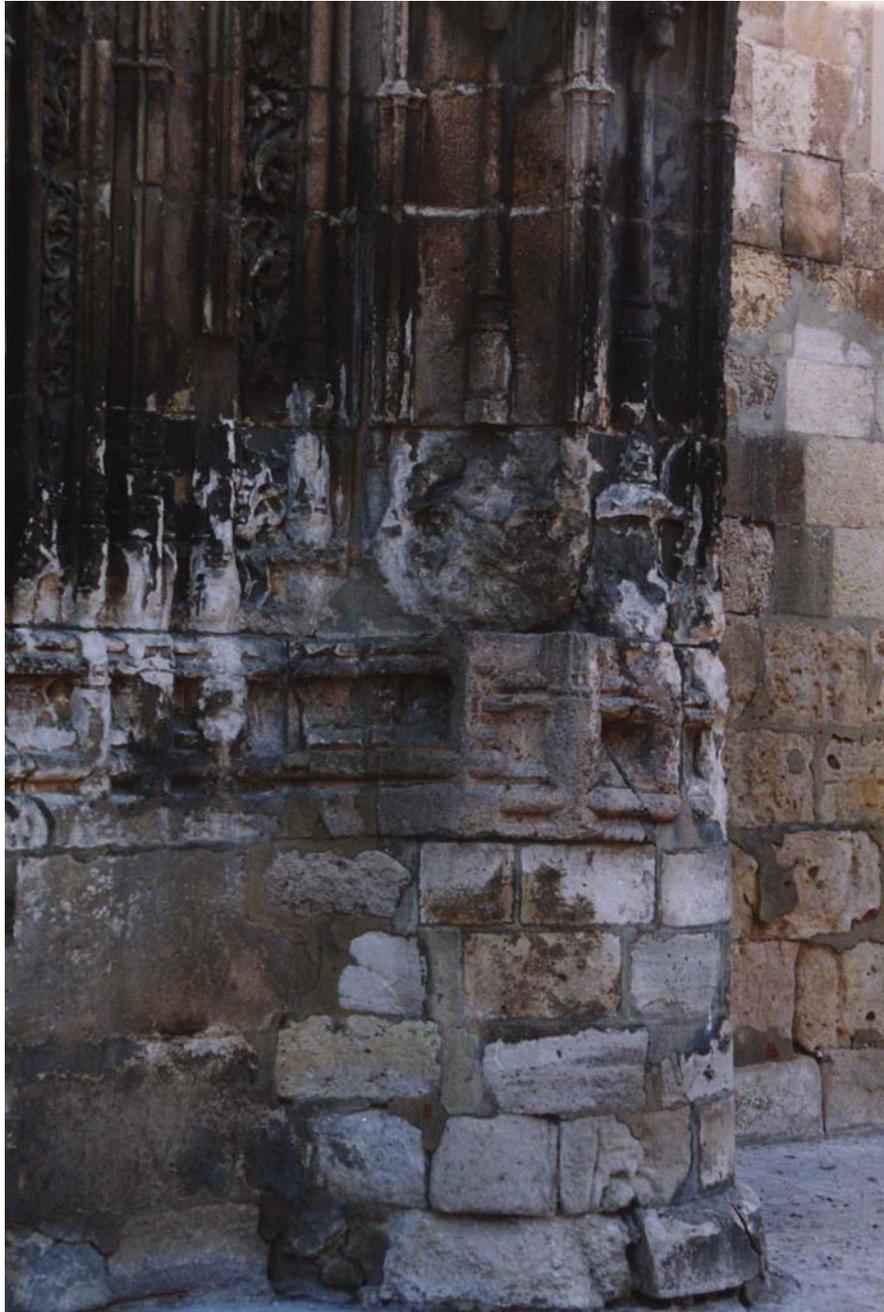
FOTOGRAFÍA Nº 26

Arquivoltas. Degradación superficial. Pérdidas materiales en elementos arquitectónicos y estatuaria. Suciedad.



FOTOGRAFÍA Nº 27

Zócalo. Pérdida de volumen. Degradación de la piedra. Necesidad de renovación de sillares.



EXTRACTO DE LAS MEDICIONES

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero, Burgos

Código	Descripción	Ud	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
--------	-------------	----	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	---------

CAPÍTULO 01. LIMPIEZA PORTADA

01.01 m2 PRECONSOLIDACIÓN FCA.DESCOHESION

Preconsolidación superficial de fábricas ornamentadas descohesionadas y estatuaria antes de proceder a la limpieza de la misma, mediante la aplicación en superficie de consolidante superficial de silicato de etilo, aplicado con brocha en capas sucesivas hasta lograr una penetración mínima de 1-1,5 cm. y haciéndolo penetrar en intersticios y juntas mediante pequeñas boquillas de aplicación.

Figuras contrafuertes	1	5,00	0,30	1,50					
	1	3,92	0,40	1,57					
	1	3,36	0,40	1,34					
Figuras arquivoltas	1	9,24	0,50	4,62					
Figuras medallones	1	12,90	0,30	3,87					
	1	5,65	0,30	1,70					
	1	5,64	0,30	1,69					
Figuras arco interior	1	3,78	0,50	1,89					
	1	1,20	0,50	0,60					
	1	0,93	0,50	0,47					
	1	1,41	0,40	0,56					
							19,81	35,31	699,49

01.02 m2 PRECONSOLIDACIÓN ZONAS CON PÁTINA

Preconsolidación y fijado de superficies de piedra cuyos volúmenes se desea conservar y en zonas pulverulentas y costra negras, donde se presume o detecta la existencia de pátinas originales, mediante la aplicación en superficie con fumigadores de disolución de resina acrílica y si loxano en White spirit, haciendo penetrar en intersticios y juntas mediante pequeñas boquillas de aplicación, sellando el resto de las juntas con masillas fácilmente desmoldeables, en las zonas lisas se actuará con compresas o material absorbente de manera que la disolución penetre, aglomerando las superficies arenizadas, pero dejando permeable la base para posteriores tratamientos (limpieza en profundidad, extracción de sales, consolidación etc.).

Figuras tímpano	2	3,30	0,50	3,30					
	2	6,00	0,50	6,00					
							9,30	21,47	199,67

01.03 m2 LIMPIEZA DE DEPÓSITOS SUPERFICIALES

Limpieza general primaria en seco, de depósitos superficiales, polvo y detritus de fachada de fábrica de cantería, mediante la aplicación de depresión de aire con maquinaria adecuada, eliminando el polvo, y adheridos finos existentes (depósitos superficiales), revisión general de la fachada en sus salientes y voladizos, eliminando manualmente los cascotes y elementos disgregados existentes que pudieran desplomarse, aplicando el tratamiento por franjas horizontales completas, desde las partes superiores a las inferiores. y retirada de escombros y carga sobre camión para posterior transporte a vertedero.

Zona escamas	1	47,60		47,60					
Escudos parte alta	1	19,96		19,96					
	2	6,40		12,80					
	2	1,85		3,70					
	2	0,55		1,10					
	2	0,78		1,56					
Medallones	1	12,90		12,90					
	2	18,76		37,52					
Interior arco	1	80,72		80,72					
Arquivoltas	1	9,84		9,84					
	1	13,96		13,96					
	1	8,29		8,29					
	1	2,98		2,98					
	1	5,99		5,99					
	1	2,74		2,74					
Figuras arquivoltas	1	9,24		9,24					
Calado arco	1	7,50		7,50					
Fig interior arco	1	6,12		6,12					
	1	1,20		1,20					
	1	1,41		1,41					
	1	0,93		0,93					
Tímpano	2	3,30		6,60					
	2	6,00		12,00					
Contrafuertes	2	51,60		103,20					
Figuras contrafuertes	1	5,00		5,00					
	1	3,92		3,92					
	1	6,36		6,36					
	1	3,42		3,42					
Sillares zócalo	1	1,20		1,20					

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero, Burgos

Código	Descripción	Ud	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
		2	12,04						24,08
	Derrames laterales	2	11,85						23,70
		2	4,72						9,44
	Cornisa medallón	2	1,90						3,80
	Enjutas arco	2	1,80						3,60
	Escudos enjutas	2	1,01						2,02
	Crestería	1	24,18						24,18
	Intradós bóveda	1	19,00						19,00
							539,58	4,63	2.498,26
01.04	m2 LIMPIEZA DE LA COSTRA BIOGÉNICA								
	Eliminación manual de la costra biogénica mediante tratamiento biocida (fungicida-algicida) superficial adecuado para la destrucción y prevención de proliferación de nuevas colonizaciones de algas, líquenes, mohos y microorganismos varios sobre los soportes pétreos mediante una primera aplicación en superficie con pulverizador air-less de antiséptico tipo: pentaclorofenato sódico acuoso, o disolución de aldehído fórmico al 1% y una segunda aplicación preventiva de amonio cuaternario en disolución hidroalcohólica al 3-5% con pulverizador o a brocha haciéndolo penetrar por los intersticios, y con un rendimiento no menor a 0,25 l/m2. Retirando posteriormente de forma manual los detritus biológicos secos.								
	Escudos parte alta	1	19,96	0,20					3,99
		2	6,40	0,20					2,56
		2	1,85	0,20					0,74
		2	0,55	0,20					0,22
		2	0,78	0,20					0,31
	Medallones	1	12,90	0,25					3,23
		2	18,76	0,25					9,38
	Contrafuertes	2	51,60	0,20					20,64
	Figuras contrafuertes	1	5,00	0,20					1,00
		1	3,92	0,10					0,39
		1	6,36	0,10					0,64
		1	3,42	0,10					0,34
	Derrames laterales	2	11,85	0,20					4,74
		2	4,72	0,20					1,89
	Cornisa medallón	2	1,90	1,00					3,80
	Enjutas arco	2	1,80	0,10					0,36
	Escudos enjutas	2	1,01	0,10					0,20
	Crestería	1	24,18	1,00					24,18
							78,61	3,72	292,43
01.05	m2 LIMPIEZA DE CONTAMINANTES GRASOS								
	Limpieza puntual de diferentes contaminantes grasos persistentes a la acción de limpieza extensiva en seco en fachada de piedra, mediante la aplicación de emplastos de disolventes orgánicos tipo AAA (agua+alcohol etílico+amoníaco) o formulados de base N-butilamina, dimetilforamina y tricloroetileno, solos o adicionados con bentonas o gel de sílice para obtener la tixotropía adecuada, aplicados con cepillos de cerdas suaves, posterior lavado con AAA debiéndose eliminar estos productos por evaporación.								
	Escudos parte alta	1	19,96	0,30					5,99
		2	6,40	0,30					3,84
		2	1,85	0,30					1,11
		2	0,55	0,30					0,33
		2	0,78	0,30					0,47
	Medallones	1	12,90	0,40					5,16
		2	18,76	0,40					15,01
	Interior arco	1	80,72	0,20					16,14
	Figuras arquivoltas	1	9,24	0,35					3,23
	Fig interior arco	1	6,12	0,40					2,45
		1	1,20	0,40					0,48
		1	1,41	0,40					0,56
		1	0,93	0,40					0,37
	Tímpano	2	3,30	1,00					6,60
		2	6,00	1,00					12,00
	Contrafuertes	2	51,60	0,25					25,80
	Figuras contrafuertes	1	5,00	0,35					1,75
		1	3,92	0,35					1,37
		1	6,36	0,35					2,23
		1	3,42	0,35					1,20
	Cornisa medallón	2	1,90	0,60					2,28
	Escudos enjutas	2	1,01	0,20					0,40
	Crestería	1	24,18	0,20					4,84
	Intradós bóveda	1	19,00	1,00					19,00
							132,61	14,00	1.856,54

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero, Burgos

Código	Descripción	Ud	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
01.06	m2 LIMPIEZA PROYECCIÓN PARTÍCULAS								
	Limpieza en seco de paramentos lisos con suciedad persistente mediante la proyección de microesferas de vidrio, lanzadas con chorro de aire a presiones variables controlables, no superior a 2 Kg/cm ² , mediante diferentes boquillas de 0,1 a 0,3 cm, incluso cepillado posterior y eliminación de restos.								
	Zona escamas	1	47,60	1,00					47,60
	Escudos parte alta	1	19,96	1,00					19,96
		2	6,40	1,00					12,80
		2	1,85	1,00					3,70
		2	0,55	1,00					1,10
		2	0,78	1,00					1,56
	Interior arco	1	80,72	1,00					80,72
	Arquivoltas	1	9,84	1,00					9,84
		1	13,96	1,00					13,96
		1	8,29	1,00					8,29
		1	2,98	1,00					2,98
		1	5,99	1,00					5,99
		1	2,74	1,00					2,74
	Calado arco	1	7,50	1,00					7,50
	Contrafuertes	2	51,60	1,00					103,20
	Sillares zócalo	1	1,20	1,00					1,20
		2	12,04	1,00					24,08
	Derrames laterales	2	11,85	1,00					23,70
		2	4,72	1,00					9,44
	Cornisa medallón	2	1,90	1,00					3,80
	Enjutas arco	2	1,80	1,00					3,60
	Escudos enjutas	2	1,01	1,00					2,02
	Crestería	1	24,18	1,00					24,18
							413,96	26,91	11.139,66
01.07	m2 TRATAMIENTO DE EFLORESCENCIAS								
	Tratamiento de eliminación de eflorescencias, sales solubles e insolubles, sobre paños lisos de fábricas pétreas en estado de conservación regular, mediante aplicaciones sucesivas de papillas tipo atapulgita celulósica o sepiolita, con procedimiento AIR-LESS. El proceso deberá repetirse hasta que no se aprecie afloración de sales a la superficie, posteriormente se realizará limpieza y raspado esmerado con escalpelo, espátula y pincel, retirando seguidamente el material de detritus.								
	Zona escamas	1	47,60	0,10					4,76
	Escudos parte alta	1	19,96	0,10					2,00
		2	6,40	0,10					1,28
		2	1,85	0,10					0,37
		2	0,55	0,10					0,11
		2	0,78	0,10					0,16
	Arquivoltas	1	9,84	0,10					0,98
		1	13,96	0,10					1,40
		1	8,29	0,10					0,83
		1	2,98	0,10					0,30
		1	5,99	0,10					0,60
		1	2,74	0,10					0,27
	Tímpano	2	3,30	0,20					1,32
		2	6,00	0,20					2,40
	Sillares zócalo	1	1,20	0,20					0,24
		2	12,04	0,20					4,82
	Cornisa medallón	2	1,90	0,50					1,90
	Enjutas arco	2	1,80	0,30					1,08
	Crestería	1	24,18	0,50					12,09
	Intradós bóveda	1	19,00	0,50					9,50
							46,41	27,00	1.253,07
01.08	m2 EXTRACCIÓN DE SALES PROFUNDAS								
	Tratamiento puntual para la extracción de sales solubles e insolubles profundas, de las fábricas pétreas, mediante la aplicación de disolución de hidróxido de bario al 1% en agua desionizada, que transforma las sales insolubles, en sulfatos alcalinos, barita y otras sales solubles, que se eliminan pulverizando la superficie con una mezcla de agua destilada y alcohol al 10% y aplicando sobre ella sucesivas papetas de atapulgita celulósica bañadas en alcohol, los dos primeros ciclos afectarán a todo el área a tratar, insistiendo en posteriores ciclos en aquellas zonas donde las sales persisten al tratamiento, la película o filmógeno producido sobre las superficies tratadas y en la que se depositan las sales extraídas se desprenden al secarse, no obstante deberán eliminarse restos adheridos mediante un cepillado suave. Así mismo se retirarán los detritus producidos por el tratamiento.								
	Zona escamas	1	47,60	0,10					4,76
	Medallones	1	12,90	0,10					1,29

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero, Burgos

Código	Descripción	Ud	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
		2	18,76	0,10		3,75			
	Tímpano	2	3,30	0,20		1,32			
		2	6,00	0,20		2,40			
	Sillares zócalo	1	1,20	0,50		0,60			
		2	12,04	0,50		12,04			
	Cornisa medallón	2	1,90	0,25		0,95			
	Enjutas arco	2	1,80	0,80		2,88			
	Escudos enjutas	2	1,01	0,50		1,01			
	Crestería	1	24,18	0,20		4,84			
	Intradós bóveda	1	19,00	0,10		1,90			
							37,74	40,22	1.517,90
01.09	m2 LIMPIEZA FACHADA LÁSER-ARTLIGHT								
	Limpieza superficial mediante desincrustación fotónica por microresonancia superficial conseguida por radiación Láser Artlight, con una potencia de 103 W/cm ² y una frecuencia de 3-10 seg P/A hasta conseguir el grado de limpieza indicado.								
	Medallones	1	12,90			12,90			
		2	18,76			37,52			
	Figuras arquivoltas	1	9,24			9,24			
	Fig interior arco	1	6,12			6,12			
		1	1,20			1,20			
		1	1,41			1,41			
		1	0,93			0,93			
	Figuras contrafuertes	1	5,00			5,00			
		1	3,92			3,92			
		1	6,36			6,36			
		1	3,42			3,42			
							88,02	294,50	25.921,89
01.10	m2 ELIMINACIÓN JUNTAS MORTERO								
	Eliminación de morteros de cemento o yeso, en juntas, recubrimientos y recrecidos, de antiguas intervenciones, dado su efecto dañino sobre la piedra (dureza excesiva, aporte de sales, etc.) y de morteros originales tan solo los que presenten un mal estado de conservación, ejecutado por procedimientos manuales con espátulas y mediante micropercutores y escalpelos mecánicos accionados mediante pequeño compresor portátil, incluso soplado con aire en juntas, retirada y carga de escombros sobre contenedor o camión para posterior transporte a vertedero. Los trabajos serán realizados por especialistas restauradores.								
	Zona escamas	1	47,60			47,60			
	Escudos parte alta	1	19,96			19,96			
		2	6,40			12,80			
		2	1,85			3,70			
		2	0,55			1,10			
		2	0,78			1,56			
	Medallones	1	12,90			12,90			
		2	18,76			37,52			
	Interior arco	1	80,72			80,72			
	Arquivoltas	1	9,84			9,84			
		1	13,96			13,96			
		1	8,29			8,29			
		1	2,98			2,98			
		1	5,99			5,99			
		1	2,74			2,74			
	Figuras arquivoltas	1	9,24			9,24			
	Calado arco	1	7,50			7,50			
	Fig interior arco	1	6,12			6,12			
		1	1,20			1,20			
		1	1,41			1,41			
		1	0,93			0,93			
	Tímpano	2	3,30			6,60			
		2	6,00			12,00			
	Contrafuertes	2	51,60			103,20			
	Figuras contrafuertes	1	5,00			5,00			
		1	3,92			3,92			
		1	6,36			6,36			
		1	3,42			3,42			
	Sillares zócalo	1	1,20			1,20			
		2	12,04			24,08			
	Derrames laterales	2	11,85			23,70			
		2	4,72			9,44			
	Cornisa medallón	2	1,90			3,80			

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero, Burgos

Código	Descripción	Ud	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
	Enjutas arco	2	1,80			3,60			
	Escudos enjutas	2	1,01			2,02			
	Crestería	1	24,18			24,18			
	Intradós bóveda	1	19,00			19,00			
							539,58	13,44	7.251,96
01.11	m2 REJUNTADO MORTERO CAL 1/3								
	Sellado de juntas de fábrica de sillería en piezas aparejadas de dimensiones medias aproximadas hasta 60x40 cm., con mortero de cal de dosificación 1/3 entonado en su masa, similar al existente, previa limpieza y desengrasado con alcohol etílico o tricloroetileno, humectación superficial y con cepillado final de las juntas antes del fraguado, incluso limpieza y eliminación de escombros, carga a camión y transporte a vertedero.								
	Zona escamas	1	47,60			47,60			
	Escudos parte alta	1	19,96			19,96			
		2	6,40			12,80			
		2	1,85			3,70			
		2	0,55			1,10			
		2	0,78			1,56			
	Medallones	1	12,90			12,90			
		2	18,76			37,52			
	Interior arco	1	80,72			80,72			
	Arquivoltas	1	9,84			9,84			
		1	13,96			13,96			
		1	8,29			8,29			
		1	2,98			2,98			
		1	5,99			5,99			
		1	2,74			2,74			
	Figuras arquivoltas	1	9,24			9,24			
	Calado arco	1	7,50			7,50			
	Fig interior arco	1	6,12			6,12			
		1	1,20			1,20			
		1	1,41			1,41			
		1	0,93			0,93			
	Tímpano	2	3,30			6,60			
		2	6,00			12,00			
	Contrafuertes	2	51,60			103,20			
	Figuras contrafuertes	1	5,00			5,00			
		1	3,92			3,92			
		1	6,36			6,36			
		1	3,42			3,42			
	Sillares zócalo	1	1,20			1,20			
		2	12,04			24,08			
	Derrames laterales	2	11,85			23,70			
		2	4,72			9,44			
	Cornisa medallón	2	1,90			3,80			
	Enjutas arco	2	1,80			3,60			
	Escudos enjutas	2	1,01			2,02			
	Crestería	1	24,18			24,18			
	Intradós bóveda	1	19,00			19,00			
							539,58	15,33	8.271,76
	TOTAL CAPÍTULO 01								60.902,63

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero, Burgos

Código	Descripción	Ud	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
--------	-------------	----	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	---------

CAPÍTULO 02. RESTAURACIÓN Y PROTECCIÓN DE LA PORTADA

02.01 m. MICROCOSIDO EPOXI A/INOXIDABLE

Microcosido sobre fábrica de piedra, mediante trenzado espacial de inyecciones de resina epoxi GY255-HY955 (100/35) armadas con una varilla acero inoxidable de diámetro 6 mm. en taladros practicados mediante máquina taladradora de hélice de acero y tungsteno, en vertical e inclinado, comprendiendo: Implantación en los puntos de trabajo de equipo de perforación asistido mediante grupo electrógeno, preparación de la zona de trabajo tapando las fisuras y oquedades existentes para evitar pérdidas de resina, mediante masilla desmoldeable XE-812/813, ejecución de dos taladros (una para entrada de la resina y el otro para la salida de aire y comprobación de llenado, en profundidades menores de 50 cm. y esvajes previstos, introducción de la armadura, colocación de boquillas de cobre en los taladros, con tubos de plásticos transparentes e inyección a pequeña presión con pistola manual, desmontado de las boquillas, desmoldeado y limpieza del lugar de trabajo.

Escudos parte alta	1	2,00					2,00		
Medallones	1	3,00					3,00		
Interior arco	1	2,00					2,00		
Arquivoltas	1	5,00					5,00		
Figuras arquivoltas	1	2,00					2,00		
Calado arco	1	3,00					3,00		
Fig interior arco	1	3,00					3,00		
Tímpano	1	5,00					5,00		
Contrafuertes	1	8,00					8,00		
Figuras contrafuertes	1	5,00					5,00		
Sillares zócalo	1	2,00					2,00		
Enjutas arco	1	1,00					1,00		
Crestería	1	4,00					4,00		

45,00 34,64 1.558,80

02.02 ud SUSTITUCIÓN ANCLAJE METÁLICO

Extracción manual de los anclajes metálicos oxidados, previo desmontaje y limpieza de la pieza que los contiene si es necesario y sustitución por otros de acero inoxidable, fijándolos a la fábrica con resina epoxídica, incluso montaje de la pieza.

Escudos parte alta	1	5,00					5,00		
Medallones	1	4,00					4,00		
Figuras arquivoltas	1	20,00					20,00		
Fig interior arco	1	6,00					6,00		
Tímpano	2	3,00					6,00		
Contrafuertes	2	20,00					40,00		
Figuras contrafuertes	1	10,00					10,00		
Escudos enjutas	2	2,00					4,00		
Crestería	1	6,00					6,00		

101,00 65,98 6.663,98

02.03 m2 CONSOLIDACIÓN SUPERFICIAL FCA.

Consolidación de zonas descohesionadas en estatuaria y elementos ornamentales mediante la aplicación en superficie de una solución de silicato de etilo en White Spirit al 10% antes de proceder a la reintegración de la pieza, penetrando en la fábrica y compactando las partículas sueltas o en estado de degradación, aumentando su dureza y resistencia a la abrasión, incluso limpieza y medios auxiliares necesarios.

Escudos parte alta	1	19,96	1,00				19,96		
	2	6,40	1,00				12,80		
	2	1,85	1,00				3,70		
	2	0,55	1,00				1,10		
	2	0,78	1,00				1,56		
Medallones	1	12,90	1,00				12,90		
	2	18,76	1,00				37,52		
Figuras arquivoltas	1	9,24	1,00				9,24		
Fig interior arco	1	6,12	1,00				6,12		
	1	1,20	1,00				1,20		
	1	1,41	1,00				1,41		
	1	0,93	1,00				0,93		
Figuras contrafuertes	1	5,00	1,00				5,00		
	1	3,92	1,00				3,92		
	1	6,36	1,00				6,36		
	1	3,42	1,00				3,42		
Escudos enjutas	2	1,01	1,00				2,02		

129,16 66,67 8.611,10

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero, Burgos

Código	Descripción	Ud	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
02.04	m2 RETACADO FÁBRICA SILLERÍA								
	Sustitución de sillares de piedra muy deteriorados por otros labrados en piedra caliza de Hontoria, con un espesor de 35 cm., incluyendo cajeo y extracción de la pieza en mal estado, limpieza, preparación de superficies, introducción de la nueva pieza, rejuntado e inyección con mortero de cal, incluso replanteo, nivelación y aplomado.								
	Interior arco	1	80,72	0,20				16,14	
	Contrafuertes	2	51,60	0,20				20,64	
	Sillares zócalo	1	1,20	0,80				0,96	
		2	12,04	0,80				19,26	
	Derrames laterales	2	11,85	0,50				11,85	
		2	4,72	0,50				4,72	
							73,57	350,53	25.788,49
02.05	m2 REINTEGRACIÓN MORTERO RESTAURACIÓN								
	Reintegración "in situ" de pequeñas pérdidas de volumen en elementos ornamentales y estatuaria consistente en: saneado de la base eliminando zonas pulverulentas, realización de microtaladros para la fijación de varillas de fibra de vidrio de pequeño diámetro con resina epoxídica, aplicación en capas sucesivas, sobre pequeño trenzado de alambre de bronce, del mortero de restauración con carga de piedra de Hontoria molida y con adición de pigmentos naturales y labrado, afinado y cepillado de la superficie, totalmente acabada.								
	Escudos parte alta	1	19,96	0,25				4,99	
		2	6,40	0,25				3,20	
		2	1,85	0,25				0,93	
		2	0,55	0,35				0,39	
		2	0,78	0,25				0,39	
	Medallones	1	12,90	0,40				5,16	
		2	18,76	0,20				7,50	
	Figuras arquivoltas	1	9,24	0,65				6,01	
	Calado arco	1	7,50	0,25				1,88	
	Fig interior arco	1	6,12	0,25				1,53	
		1	1,20	0,25				0,30	
		1	1,41	0,25				0,35	
		1	0,93	0,35				0,33	
	Tímpano	2	3,30	0,25				1,65	
		2	6,00	0,25				3,00	
	Figuras contrafuertes	1	5,00	0,25				1,25	
		1	3,92	0,25				0,98	
		1	6,36	0,25				1,59	
		1	3,42	0,25				0,86	
	Cornisa medallón	2	1,90	0,35				1,33	
	Escudos enjutas	2	1,01	0,15				0,30	
	Crestería	1	24,18	0,35				8,46	
							52,38	347,08	18.180,05
02.06	m3 REINTEGRACIÓN CON PIEDRA CALIZA								
	Reintegración con caliza de Hontoria de elementos fácilmente reproducibles, mediante la realización de la pieza tallada igual a la existente, incluyendo cajeo y extracción de la pieza en mal estado, limpieza, preparación de superficies, realización de taladros practicados mediante máquina de perforación por rotación, introducción de varillas de acero inoxidable fijadas con resina epoxídica, colocación de la nueva pieza, rejuntado e inyección con mortero de cal, incluso replanteo, nivelación y aplomado, totalmente acabada.								
	Escudos parte alta	1	19,96	0,05				1,00	
		2	6,40	0,05				0,64	
		2	1,85	0,05				0,19	
		2	0,55	0,05				0,06	
		2	0,78	0,05				0,08	
	Medallones	1	12,90	0,10				1,29	
		2	18,76	0,10				3,75	
	Interior arco	1	80,72	0,05				4,04	
	Arquivoltas	1	9,84	0,10				0,98	
		1	13,96	0,05				0,70	
		1	8,29	0,05				0,41	
		1	2,98	0,10				0,30	
		1	5,99	0,05				0,30	
		1	2,74	0,10				0,27	
	Calado arco	1	7,50	0,20				1,50	
	Tímpano	2	3,30	0,10				0,66	
		2	6,00	0,05				0,60	

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero, Burgos

Código	Descripción	Ud	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
	Contrafuertes	2	51,60	0,10		10,32			
	Cornisa medallón	2	1,90	0,05		0,19			
	Crestería	1	24,18	0,10		2,42			
	Intradós bóveda	1	19,00	0,02		0,38			
							30,08	1.060,53	31.900,74
02.07	m2								
	HIDROFUGADO SUPERFICIAL FÁBRICAS								
	Hidrofugado superficial de las piezas de evacuación del agua de lluvia, tales como cornisas, vierteaguas o guardapolvos, mediante la aplicación de resina epoxídica cicloalifática diluida en White Spirit, aplicada a brocha.								
	Escudos parte alta	1	19,96	0,10		2,00			
		2	6,40	0,10		1,28			
	Medallones	1	12,90	0,10		1,29			
		2	18,76	0,10		3,75			
	Arquivoltas	1	9,84	0,10		0,98			
	Tímpano	2	3,30	0,10		0,66			
	Contrafuertes	2	51,60	0,10		10,32			
	Derrames laterales	2	11,85	0,20		4,74			
		2	4,72	0,20		1,89			
	Cornisa medallón	2	1,90	0,50		1,90			
	Escudos enjutas	2	1,01	0,20		0,40			
							29,21	10,71	312,84
02.08	m2								
	ENTONACIÓN E HIDROFUGACIÓN FÁBRICAS								
	Tratamiento final de entonación e hidrofugación general de la fábrica de piedra, una vez realizadas todas las operaciones de limpieza y restauración, mediante la impregnación superficial con pulverizador manual de una solución de hidróxido de calcio y pigmentos naturales, aplicadas a modo de veladuras en diferentes capas hasta conseguir la entonación adecuada.								
	Zona escamas	1	47,60			47,60			
	Escudos parte alta	1	19,96			19,96			
		2	6,40			12,80			
		2	1,85			3,70			
		2	0,55			1,10			
		2	0,78			1,56			
	Medallones	1	12,90			12,90			
		2	18,76			37,52			
	Interior arco	1	80,72			80,72			
	Arquivoltas	1	9,84			9,84			
		1	13,96			13,96			
		1	8,29			8,29			
		1	2,98			2,98			
		1	5,99			5,99			
		1	2,74			2,74			
	Figuras arquivoltas	1	9,24			9,24			
	Calado arco	1	7,50			7,50			
	Fig interior arco	1	6,12			6,12			
		1	1,20			1,20			
		1	1,41			1,41			
		1	0,93			0,93			
	Contrafuertes	2	51,60			103,20			
	Figuras contrafuertes	1	5,00			5,00			
		1	3,92			3,92			
		1	6,36			6,36			
		1	3,42			3,42			
	Sillares zócalo	1	1,20			1,20			
		2	12,04			24,08			
	Derrames laterales	2	11,85			23,70			
		2	4,72			9,44			
	Cornisa medallón	2	1,90			3,80			
	Enjutas arco	2	1,80			3,60			
	Escudos enjutas	2	1,01			2,02			
	Crestería	1	24,18			24,18			
							501,98	10,87	5.456,52
TOTAL CAPÍTULO 02.....									98.472,52

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero, Burgos

Código	Descripción	Ud	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
03.01	m2 DEMOLICIÓN CUBIERTA TEJA CERÁMICA CURVA								
	Demolición de cubrición de teja cerámica curva, incluidos caballetes, limas, canalones, remates laterales, encuentros con paramentos, pasos de mantenimiento cerámicos, etc., por medios manuales y sin aprovechamiento del material desmontado, incluso limpieza y retirada de escombros a pie de carga, con transporte al vertedero, y con p.p. de medios auxiliares.								
	Cubierta nave	1	15,00	8,70	1,15	150,08			
	Cubierta ábside	1	40,00		1,15	46,00			
							196,08	11,34	2.223,55
03.02	m2 DESMONTADO TABLERO ENTABLADO CUBIERTA								
	Desmontado por medios manuales de entablado de protección de cubierta y elementos auxiliares, con retirada de escombros, medios de seguridad, etc. carga y descarga, incluso limpieza del lugar de trabajo. Medida superficie real.								
	Cubierta nave	1	15,00	8,70	1,15	150,08			
							150,08	5,05	757,90
03.03	m2 DESMONTADO ESTRUCTURA DE CUBIERTA								
	Desmontado por medios manuales de enrastrelado y armadura de madera de cubierta, cabios, correas, pares, tirantes, jabalcones,... con recuperación parcial del material desmontado, con separación, luces y escuadrías normales, mediante desclavado o corte por las zonas deterioradas, e incluso ayudas de albañilería, retirada de clavos, picado de elementos macizos, medios de seguridad, de elevación, carga, descarga y limpieza del lugar de trabajo. y retirada de escombros sin considerar transporte a vertedero. Medida la superficie real.								
	Cubierta nave	1	15,00	8,70	1,15	150,08			
							150,08	8,15	1.223,15
03.04	m2 LIMPIEZA RESTOS ORGÁNICOS								
	Retirada de restos orgánicos, cascotes y restos de maderas, con carga y sin transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.								
	Cubierta nave	1	15,00	8,70	1,15	150,08			
							150,08	1,83	274,65
03.05	m2 ENTRAMADO CERCHAS MADERA								
	Entramado de cerchas de madera de pino para armaduras de cubierta de secciones variables, i/p.p. de correas, durmientes y elementos de unión para luces menores de 8 m., medios auxiliares y elementos de seguridad, medido en proyección horizontal.								
	Cubierta nave	1	15,00	8,70	1,15	150,08			
							150,08	82,42	12.369,59
03.06	m2 ENTABLADO MADERA DE PINO								
	Entablado de madera de pino de Soria, para formación de faldón de cubierta, con tabla de 24 mm. de espesor clavada a los cabios con puntas de acero, i/p.p. de medios auxiliares y elementos de seguridad, medido en verdadera magnitud.								
	Cubierta nave	1	15,00	8,70	1,15	150,08			
							150,08	16,69	2.504,84
03.07	m2 CUBIERTA. TEJA CERÁMICA + RASTRELES								
	Cubrición de teja cerámica curva TBF Canalaverou envejecida colocadas en hiladas paralelas al alero, con solapes no inferiores a 1/3 de su longitud, clavadas sobre rastrel de madera de pino, i/ p.p. de doble sistema de rastreles para el clavado de canal y cobija de 30x30 y 30x80 mm respectivamente, p.p. de fijación con ganchos cada cinco hiladas perpendiculares al alero y tejas de borde, así como piezas especiales de remate y ventilación, medida en verdadera magnitud.								
	Cubierta nave	1	15,00	8,70	1,15	150,08			
	Cubierta ábside	1	40,00		1,15	46,00			
							196,08	34,17	6.700,05
03.08	m CUMBRERA TEJA CERÁMICA CURVA								
	Cumbrera de tejas curvas cerámica TBF, colocadas con solapes no menores de 10 cm y clavada con ganchos, sobre banda elástica adhesiva transpirable, incluso rastrel de cumbrera de 50x130 mm fijado con clips de acero en ambas caras cada 80 cm.								
	Ábside	1	4,00			4,00			
							4,00	12,83	51,32
03.09	m ENCUESTRO FALDÓN-PARAMENTO PLOMO								
	Encuentro de faldón de cubierta de teja de 3,00 mm. de espesor, ejecutado por engatillado simple abatido de bandeja y babero con acabado sobre roza, incluso patillas de anclaje de vertiente y perforaciones, comprendiendo: replanteo, preparación de bordes de las bandejas, sujeción de las patillas sobre el soporte con clavos de cobre y arandelas de plomo replegadas, engatillado con refuerzo de pletina galvanizada de 0,6 mm. y limpieza.								
	Nave	1	15,00			15,00			

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero, Burgos

Código	Descripción	Ud	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
	Ábside	1	5,00			5,00	20,00	44,04	880,80
03.10	m. CANALÓN OCULTO BORDONADO 0,50mx3								
	Canalón oculto de 0,50 m. de canal útil, para cubierta de chapa de plomo o teja ejecutada por el sistema de junta alzada, con separación de 60 cm. Constituida por: chapa de plomo recortadas de 3,00 mm. de espesor, fijadas en las dos direcciones mediante junta transversal con banda de solape y engatillado con patillas de anclaje, soldadas y separadas 30 cm., comprendiendo: preparación de bordes de chapas, asentado sobre capa de polietileno de 0,5 mm., fijación de las patillas sobre el soporte con clavos de cobre de cabeza ancha y arandelas de plomo replegadas, engatillado con refuerzo de pletina galvanizada de 0,6 mm. ejecución de los pies de vertiente con acabado abatido y limpieza. Incluso emboquillado a bajante.								
	Nave	1	15,00			15,00	15,00	41,64	624,60
03.11	m. BAJANTE ZINC-TITANIO D=150 mm.								
	Bajante redonda electrosoldada de zinc-titanio, de 150 mm. de diámetro, colocada con abrazaderas de zinc titanio, totalmente instalada, incluso p.p. de piezas especiales de zinc para conexión con el canalón, cazoleta y remates y retirada de las bajantes existentes, funcionando.								
	Fachada oeste	1	13,00			13,00	13,00	23,33	303,29
03.12	ud VENTANA PROYECTANTE MADERA 55x98 S/PIZAR.								
	Ventana proyectante de medidas exteriores 55x98 cm. tipo Velux, para tejados de teja, compuesta por cerco y hoja de madera de pino, tapajuntas de aluminio gris, acristalamiento aislante tipo Thermo-Star, totalmente montada y con p.p. de medios auxiliares.								
	Nave	2				2,00	2,00	331,78	663,56
TOTAL CAPÍTULO 03.....									28.577,30

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero, Burgos

Código	Descripción	Ud	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
--------	-------------	----	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	---------

CAPÍTULO 04. ANDAMIOS Y VARIOS

04.01 m2 MONTAJE ANDAMIO

Montaje de andamio tubular normalizado, a nivel suelo, para trabajo y defensa de paramentos y bóvedas, comprendiendo: carga, transporte, y descarga de elementos de elevación y seguridad reglamentarios, montaje de elementos modulares de elevación y arriostamiento, plataformas de trabajo, arrimes a muros, medios propios de seguridad (barandillas, rodapiés, etc.), núcleos de comunicaciones verticales, etc., incluso mantenimiento y sistemas de protección. Se medirá sobre superficie de fachada a la que se atiende en proyección vertical en el plano del cuadro, por repercusión m2 andamio/m2 elemento.

Fachada	1	15,00	20,00	300,00			300,00	4,79	1.437,00
---------	---	-------	-------	--------	--	--	--------	------	----------

04.02 m2 DESMONTAJE ANDAMIO

Desmontaje de andamio tubular normalizado, a nivel suelo, en paramentos y bóvedas, comprendiendo: medios de elevación y seguridad reglamentarios, desmontaje ordenado de arriba abajo de elementos (módulos de elevación, arriostamiento, plataformas de trabajo, arrimes a muros, barandillas, rodapiés etc. y carga, transporte, y descarga de elementos. Se medirá sobre superficie de fachada a la que se atiende en proyección vertical en el plano del cuadro, por repercusión m2 andamio/m2 elemento

Fachada	1	15,00	20,00	300,00			300,00	1,60	480,00
---------	---	-------	-------	--------	--	--	--------	------	--------

04.03 m2 ALQUILER MENSUAL ANDAMIO MODULAR

Alquiler mensual de andamio modular, comprendiendo: elementos de elevación y arriostamiento, plataformas de trabajo, arrimes a muros, medios propios de seguridad (barandillas, rodapiés etc.), núcleos de comunicaciones verticales, etc. Se medirá sobre superficie de fachada a la que se atiende en proyección vertical en el plano del cuadro, por repercusión m2 andamio/m2 fachada en PV. (K=1) y por número de meses = a plazo de las obras (N meses)

Fachada	1	5,00	15,00	20,00	1.500,00		1.500,00	2,14	3.210,00
---------	---	------	-------	-------	----------	--	----------	------	----------

04.04 m2 EMPLOMADO FABRICAS

Impermeabilización de fábrica de piedra y terrazas mediante colocación de láminas de plomo de 3 mm. de espesor con despieces no superiores a 90 cm dispuesto sobre lámina de poliestireno expandido de celda cerrada, incluso formación de pendiente mediante mortero de cal con carga de marmolina y árido de sílice con espesor mínimo de 1 cm, armado con mallatex, separadores, juntas de dilatación, p.p de piezas especiales, solapes, engatillados, soldaduras, totalmente rematada.

Terraza superior	1	15,00	1,50			22,50			
Terraza fachada oeste	1	7,70	0,90			6,93			
Contrafuertes	2	1,40	1,25			3,50			
							32,93	96,73	3.185,32

04.05 ud SISTEMA ELECTROSTÁTICO ALEJAMIENTO AVES

Sistema electrostático para el alejamiento de palomas y otras aves mediante la colocación de una instalación realizada con hilo de acero inoxidable, a través de la cual pasan unos impulsos periódicos cada segundo, de tensión estática y bajísima potencia, lanzados por uno o varios generadores, creando un campo electrostático a su alrededor de entre 20 y 100 cm.

Interior arco	1				1,00		1,00	10.802,65	10.802,65
---------------	---	--	--	--	------	--	------	-----------	-----------

04.06 m2 NEGATIVO DE SILICONA RTV IN SITU

Negativo sobre pieza existente realizado in situ, con moldeante de silicona RTV elastómero con propiedades antiadherentes, de gran flexibilidad, y estabilidad a la temperatura, para obtención posterior del molde rígido y su uso repetitivo en la reproducción, comprendiendo: limpieza de la superficie de la pieza a reproducir, protección de la misma con alcohol polivinílico o silicona líquida, que actúa además como desmoldeante, aplicación del moldeante, fraguado, retirada del negativo obtenido y limpieza del soporte con eliminación de cualquier resto de producto.

Arco superior	2	0,25				0,50			
Cuadro superior	2	0,67				1,34			
Cuadro medio	4	0,25				1,00			
Cudros inferiores	6	0,20				1,20			
Fileteados	2	2,20				4,40			
							8,44	327,03	2.760,13

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

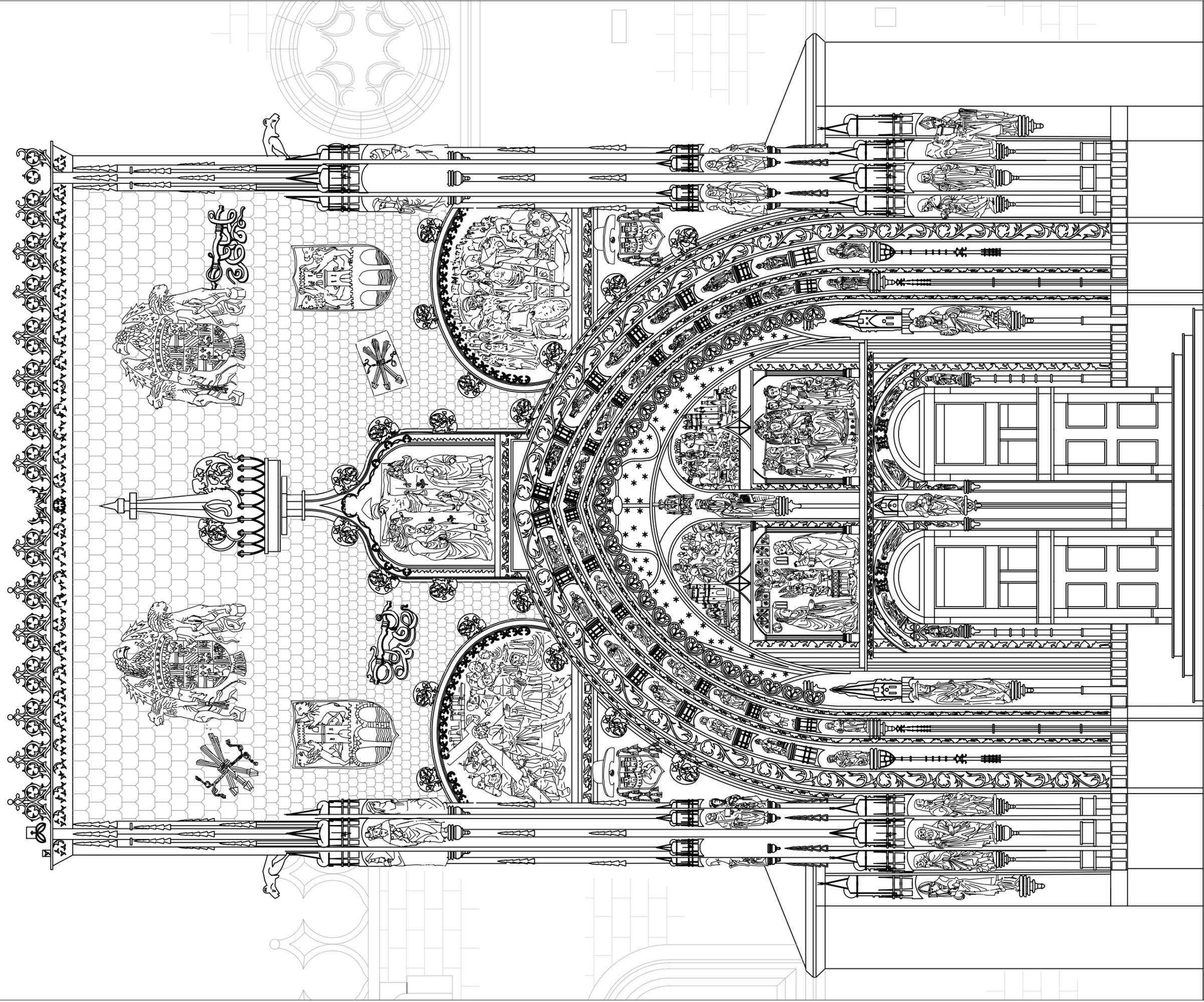
Restauración de la Iglesia de Santa María de Aranda de Duero, Burgos

Código	Descripción	Ud	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
04.07	m2 MOLDE DE REFUERZO POLIÉSTER EN T								
	Molde de estratificado de resina isostática de poliéster, armada con mat. de fibra de vidrio, para ejecución de reproducción de piezas, constituido por un armazón de estratificado que aloja el molde blando de caucho de silicona o látex, con piezas unidas mediante refuerzos o nervios de pliegue de la propia fibra y en los que se suele plantear la charnela, y fijados por presión con tuerca y tornillo, incluso elementos secundarios, bastidores metálicos, pasadores rectos-curvos, etc. pequeño material, y elementos de unión y apriete asegurando la indeformabilidad del molde y posibilidad de desmoldeo, por abatimiento.								
	Arco superior	2	0,25				0,50		
	Cuadro superior	2	0,67				1,34		
	Cuadro medio	4	0,25				1,00		
	Cudros inferiores	6	0,20				1,20		
	Fileteados	2	2,20				4,40		
							8,44	210,19	1.774,00
04.08	m2 REPRODUCCIÓN DE PIEZA ARALDIT								
	Reproducción en taller de pieza de madera a partir de moldes fabricados con anterioridad, ejecutado con araldit madera, agentes tixotrópicos y aditivos especiales para textura y color, obtenidos en la propia formulación, comprendiendo: preparación del mortero, aplicación de un desmoldeante adecuado, cera virgen o cera polietilénica, llenado del molde, fraguado de la mezcla, apertura del molde y desmoldeo, posteriormente se realizará un afinado manual de la reproducción, puliendo las impurezas, y defectos del modelaje y se ajustará el color de fondo si fuera preciso, la igualación con pátina se hará una vez recibida la pieza, totalmente colocada.								
	Arco superior	2	0,25				0,50		
	Cuadro superior	2	0,67				1,34		
	Cuadro medio	4	0,25				1,00		
	Cudros inferiores	6	0,20				1,20		
	Fileteados	2	2,20				4,40		
	2								
							8,44	302,64	2.554,28
04.09	m2 RESTAURACIÓN PUERTA MADERA DE NOGAL								
	Restauración de carpintería de madera de nogal, comprendiendo: limpieza en seco con brochas de pelo fino y aire a presión, sustitución de elementos deteriorados, mediante desclavado, y o despegado de pieza, posterior rearmado, con sustitución de elementos deteriorados por otros de madera curada o antigua, con ensambles similares a los originales, recuperación de pequeños volúmenes perdidos con masilla especial de madera adherida con adhesivo, tapado de fendas, grietas y agujeros con resina epoxi-madera, lijado general, etc., consolidación superficial mediante la aplicación de copolímero B-72 y protección final mediante el extendido en superficie de cera microcristalina soluble en tolueno, xileno y disolventes polares, punto de fusión 84-90°C, incluso pequeño material y retirada de escombros, totalmente terminada.								
	Puertas	2	7,40				14,80		
							14,80	128,36	1.899,73

TOTAL CAPÍTULO 04.....28.103,11

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL 216.055,56

EXTRACTO DE LOS PLANOS



PLANO: Estado actual

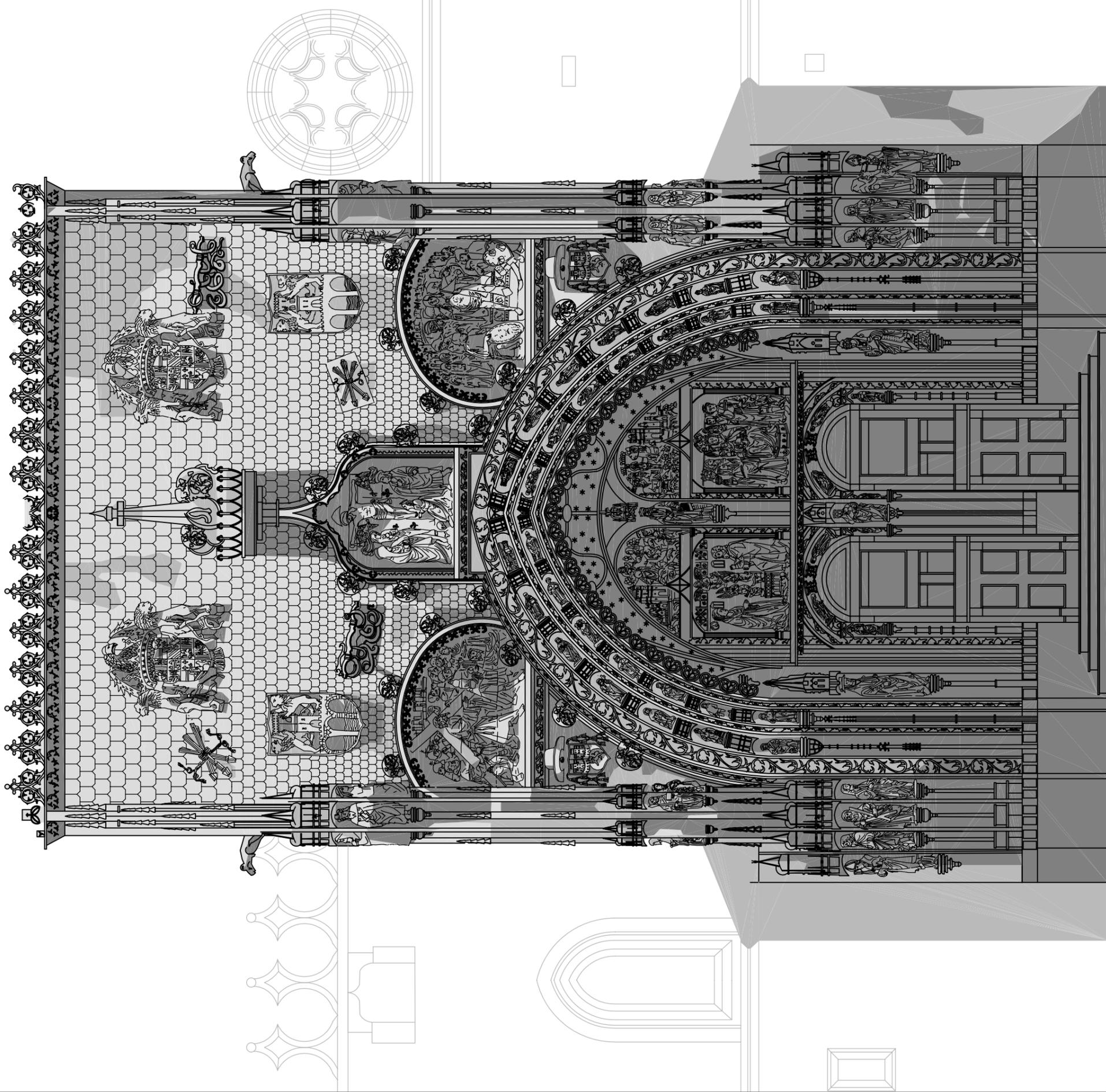
ESCALA: 1:60

2

PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LA PORTADA DE LA IGLESIA DE SANTA MARÍA, ARANDA DE DUERO (BURGOS)

ARQUITECTOS: José Manuel Álvarez Cuesta- Javier Garabito López. APAREJADOR: Lucio Mata Ubierna

MARZO, 2000



PLANO: Estado actual, suciedades

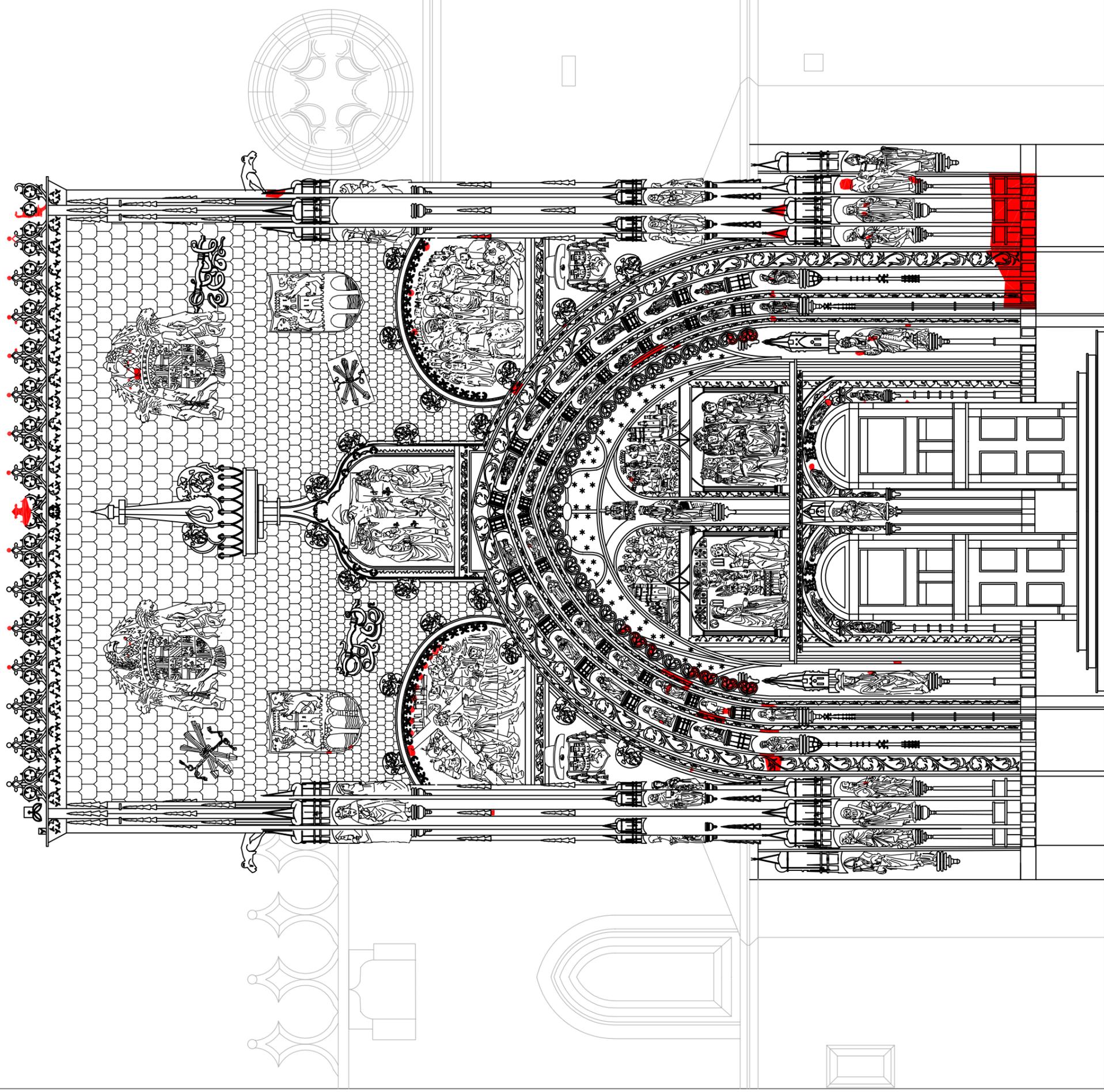
ESCALA: 1:75

3

PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LA PORTADA DE LA IGLESIA DE SANTA MARÍA, ARANDA DE DUERO (BURGOS)

ARQUITECTOS: José Manuel Álvarez Cuesta- Javier Garabito López. APAREJADOR: Lucio Mata Ubierna

MARZO, 2000



PLANO: Estado actual, pérdidas de material

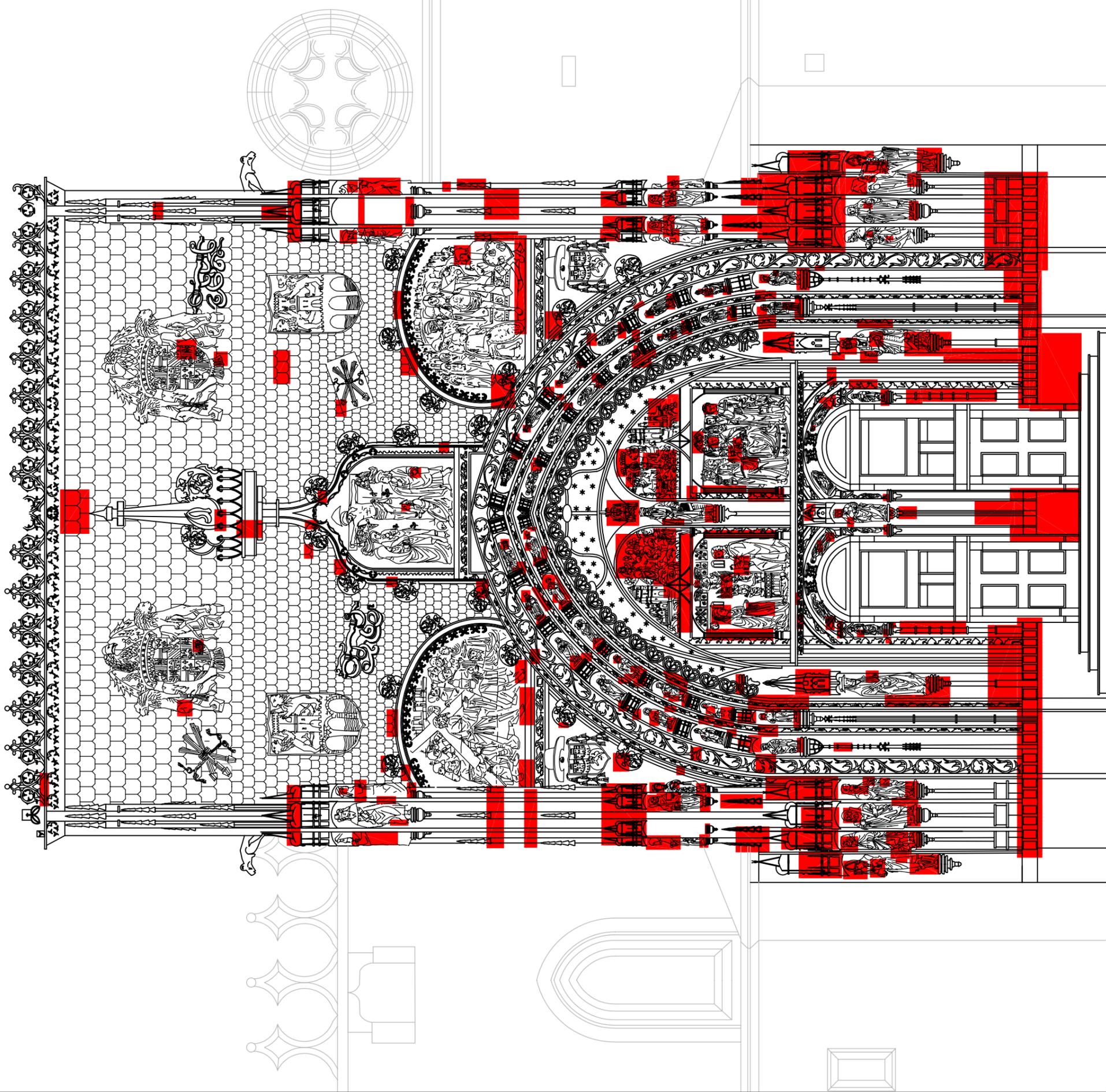
ESCALA: 1:75

4

PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LA PORTADA DE LA IGLESIA DE SANTA MARÍA, ARANDA DE DUERO (BURGOS)

ARQUITECTOS: José Manuel Álvarez Cuesta- Javier Garabito López. APAREJADOR: Lucio Mata Ubierna

MARZO, 2000



PLANO: Estado actual, degradación superficial

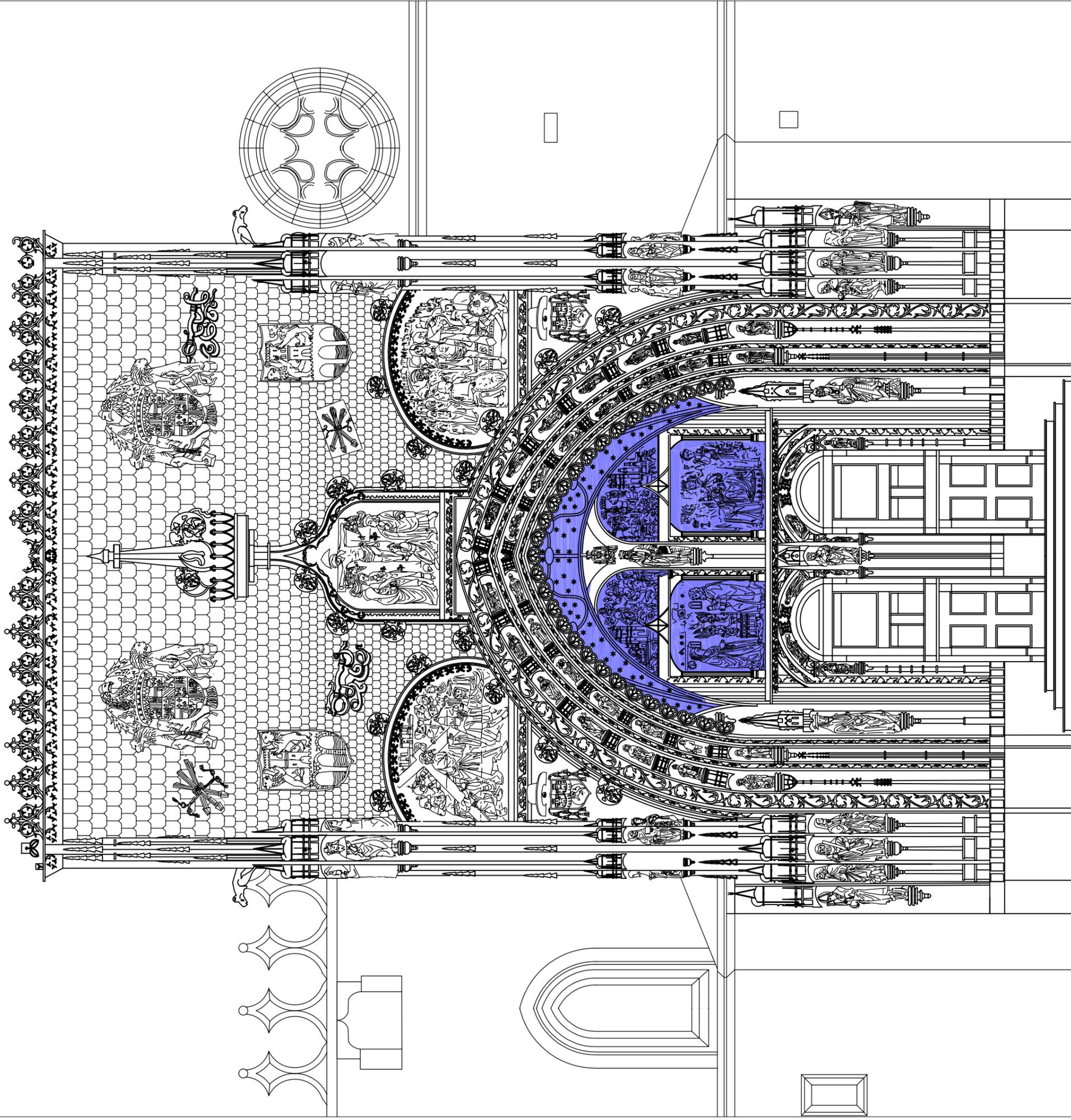
ESCALA: 1:75

5

PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LA PORTADA DE LA IGLESIA DE SANTA MARÍA, ARANDA DE DUERO (BURGOS)

ARQUITECTOS: José Manuel Álvarez Cuesta- Javier Garabito López. APAREJADOR: Lucio Mata Ubierna

MARZO, 2000



PLANO: Estado actual, presencia de policromía

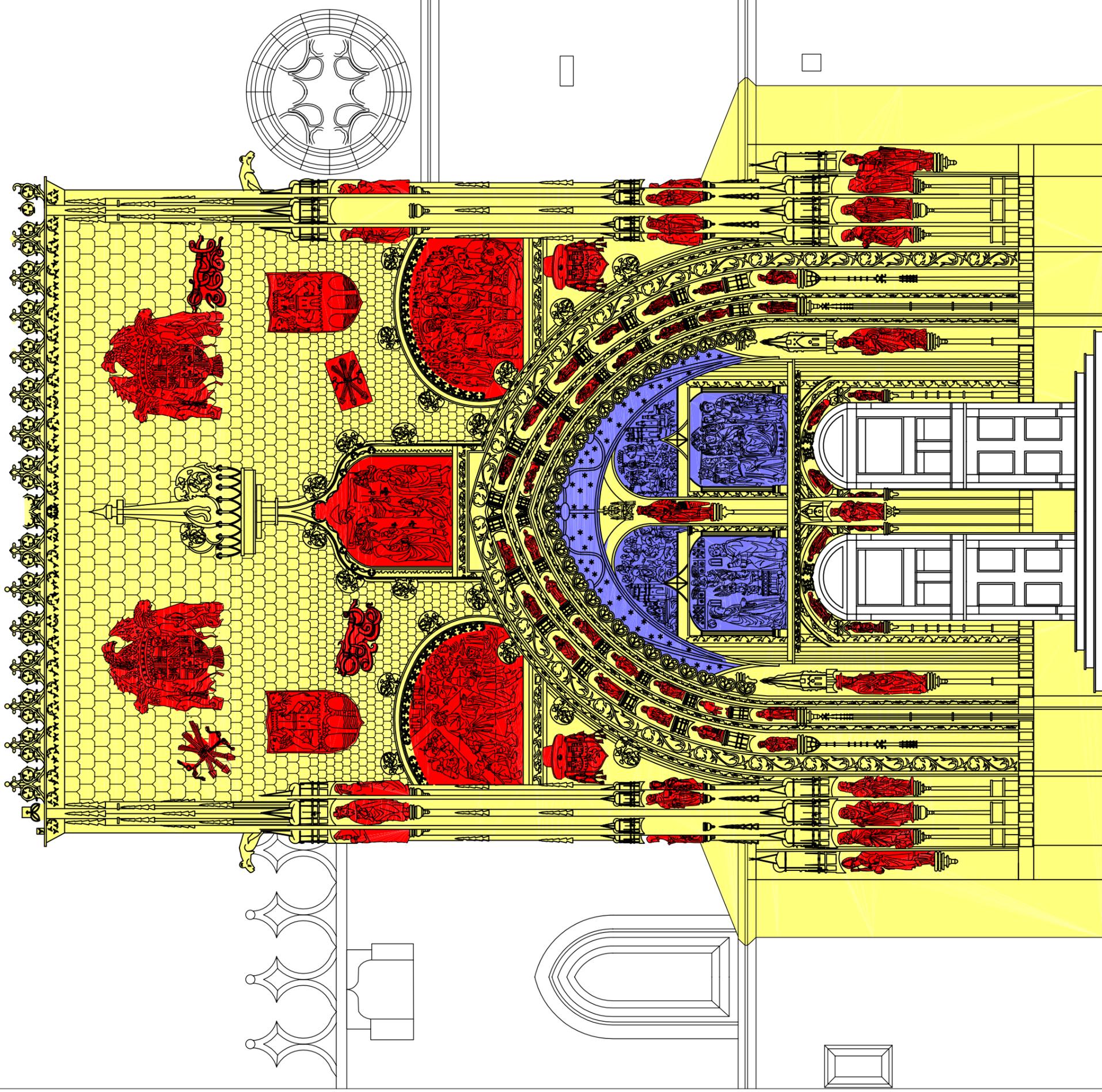
ESCALA: 1:75

6

PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LA PORTADA DE LA IGLESIA DE SANTA MARÍA, ARANDA DE DUERO (BURGOS)

ARQUITECTOS: José Manuel Álvarez Cuesta- Javier Garabito López. APAREJADOR: Lucio Mata Ubierna

MARZO, 2000



■ Microchorro ■ Láser ■ Agua + Alcohol + Amoniaco

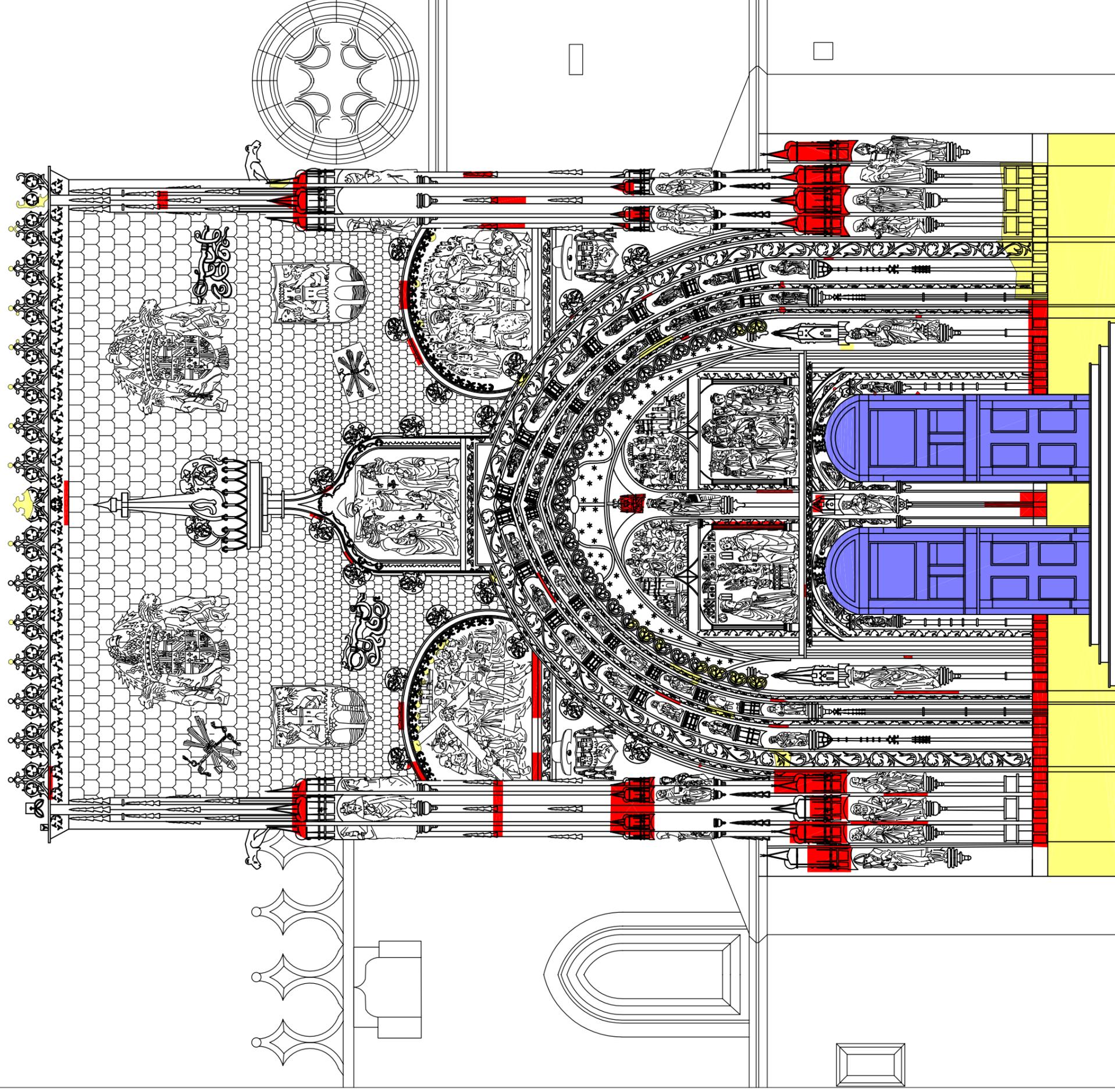
PLANO: Intervención, tipos de limpieza

ESCALA: 1:75

PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LA PORTADA DE LA IGLESIA DE SANTA MARÍA, ARANDA DE DUERO (BURGOS)

ARQUITECTOS: José Manuel Álvarez Cuesta- Javier Garabito López. APAREJADOR: Lucio Mata Ubierna

MARZO, 2000



■ Piedra natural ■ Mortero de restauración ■ Colocación de reproducción de relieves

PLANO: Intervención, reintegración

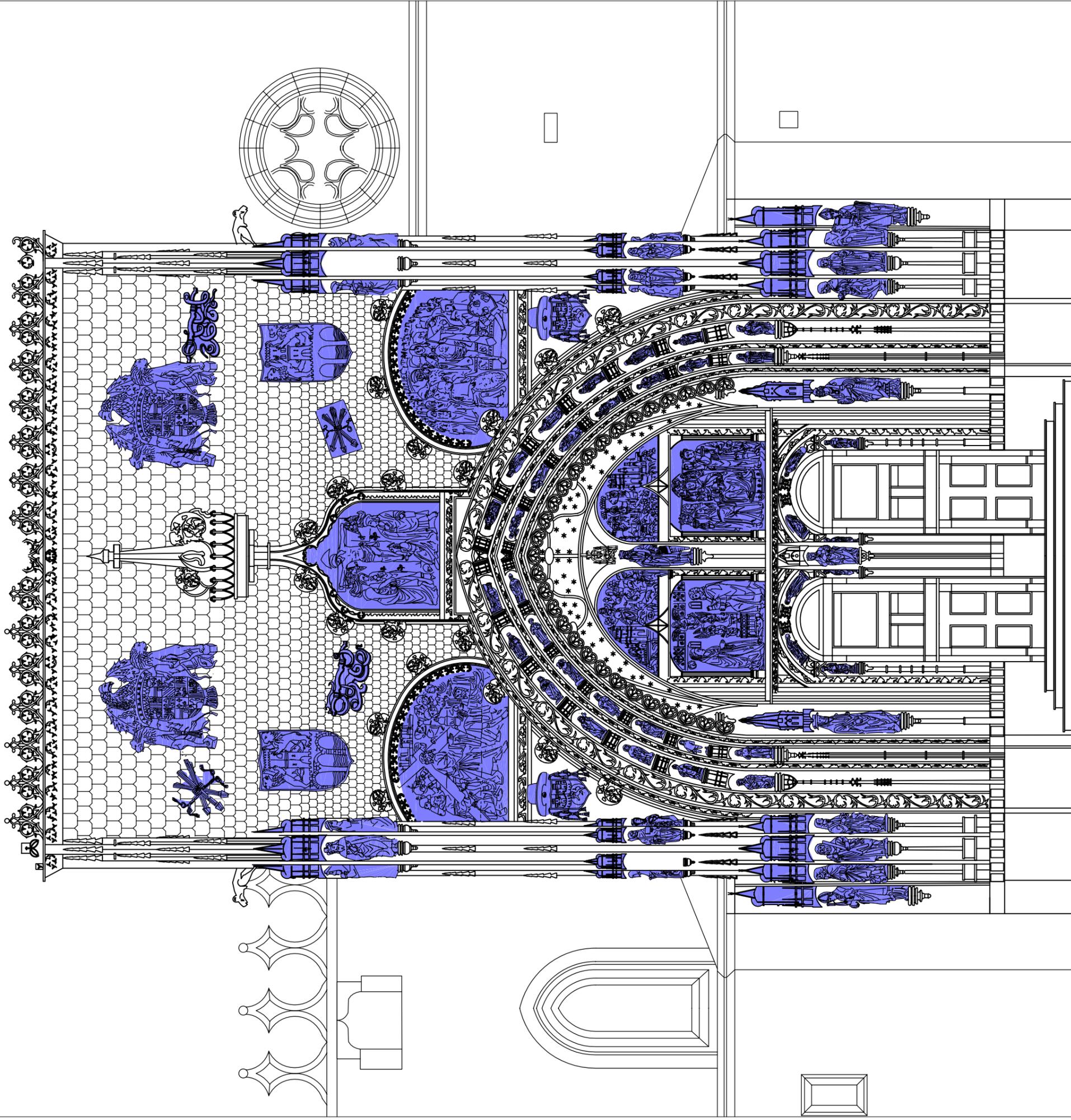
ESCALA: 1:75

8

PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LA PORTADA DE LA IGLESIA DE SANTA MARÍA, ARANDA DE DUERO (BURGOS)

ARQUITECTOS: José Manuel Álvarez Cuesta- Javier Garabito López. APAREJADOR: Lucio Mata Ubierna

MARZO, 2000



PLANO: Intervención, consolidación

ESCALA: 1:75

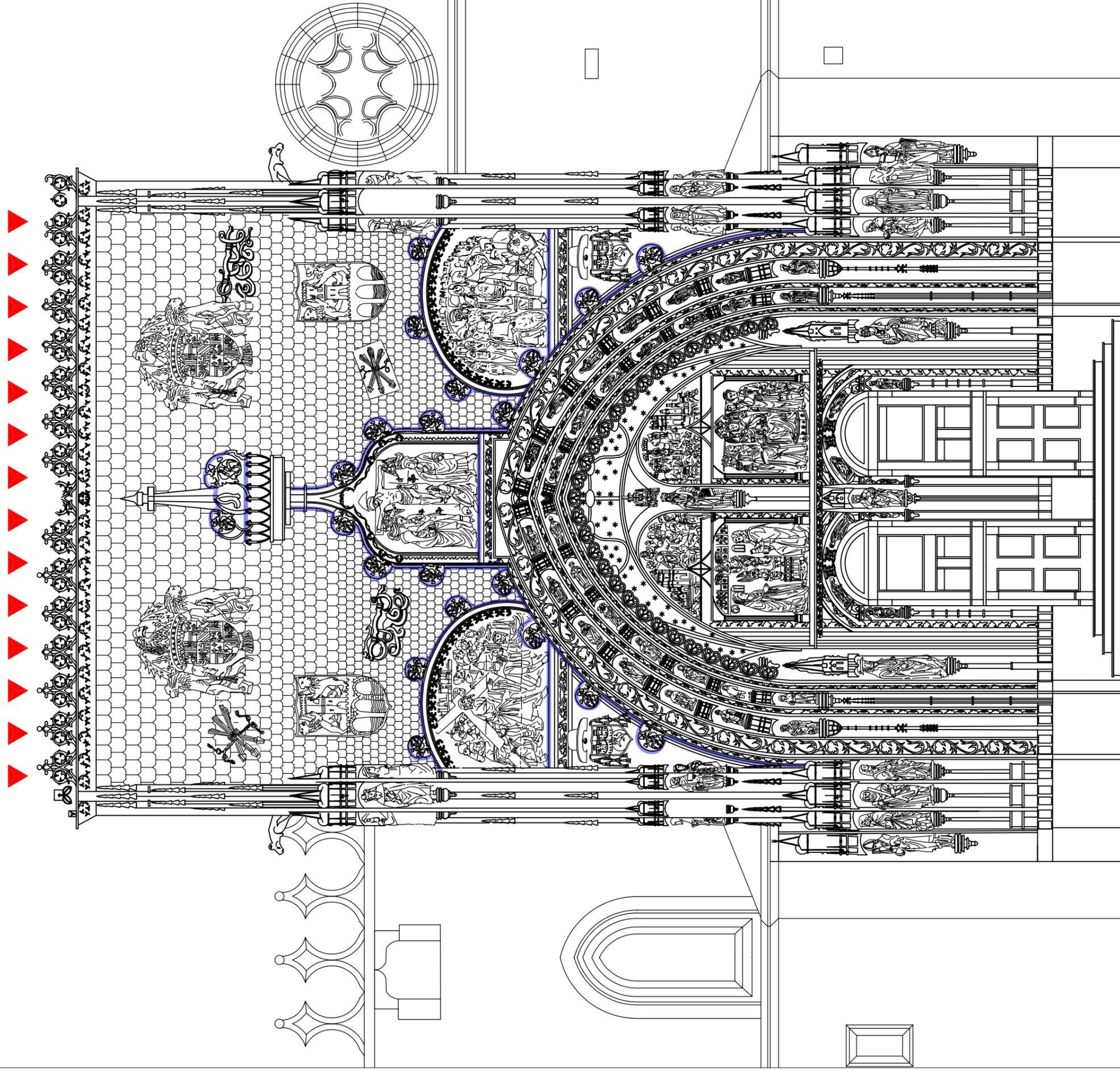
9

PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LA PORTADA DE LA IGLESIA DE SANTA MARÍA, ARANDA DE DUERO (BURGOS)

ARQUITECTOS: José Manuel Álvarez Cuesta- Javier Garabito López. APAREJADOR: Lucio Mata Ubierna

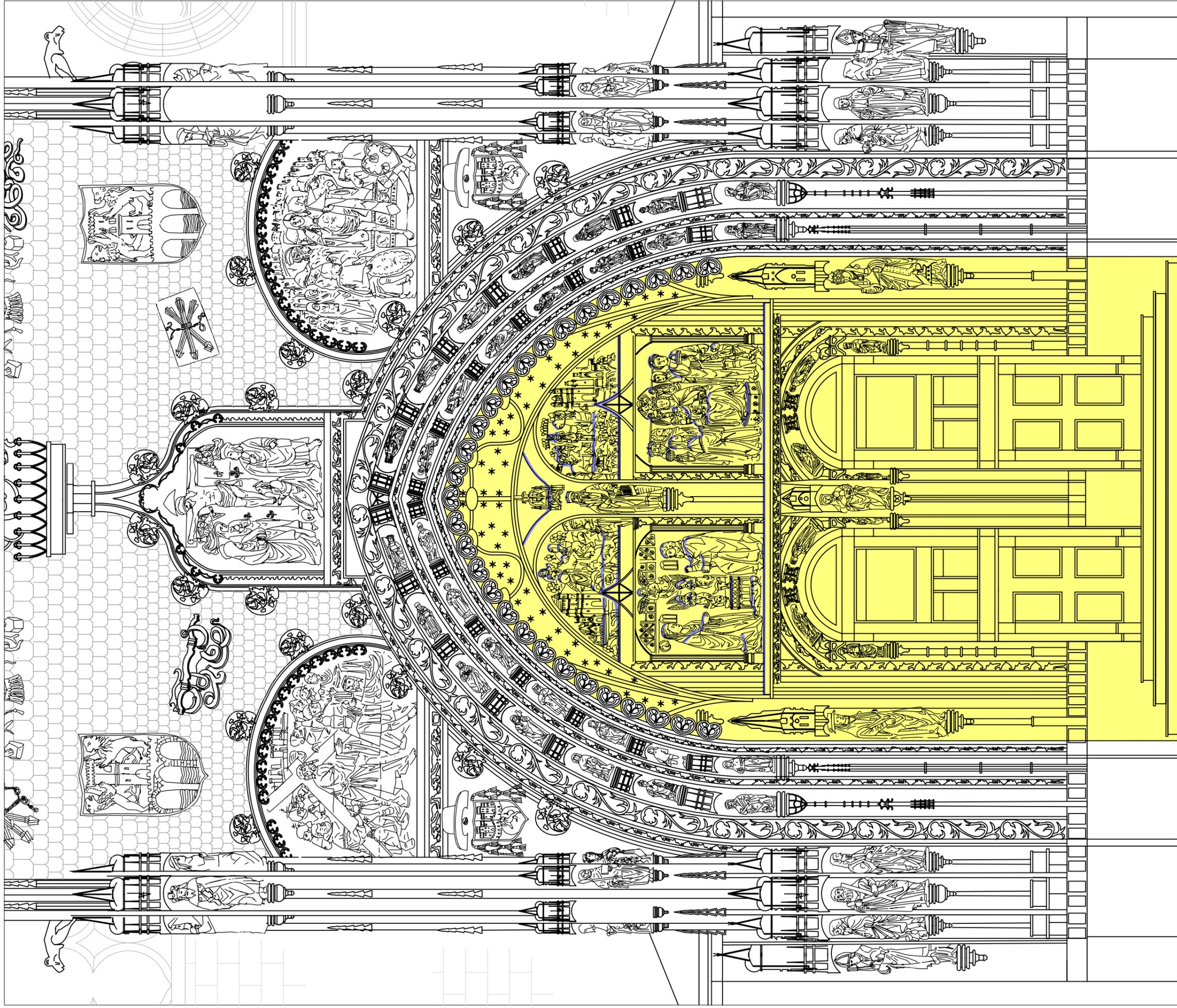
MARZO, 2000

Impermeabilización terraza (plomo)



PLANO: Intervención, impermeabilización

ESCALA: 1:75



PLANO: Intervención, protección anti palomas

ESCALA: 1:50

PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LA PORTADA DE LA IGLESIA DE SANTA MARÍA, ARANDA DE DUERO (BURGOS)

ARQUITECTOS: José Manuel Álvarez Cuesta- Javier Garabito López. APAREJADOR: Lucio Mata Ubierna

MARZO, 2000

TESIS DOCTORAL

***“LA RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO MONUMENTAL: ESTUDIO SISTEMATIZADO DE LOS
MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN EN LAS INTERVENCIONES DE RESTAURACIÓN.”***

Javier Garabito López
