

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE BURGOS**



**UNIVERSIDAD
DE BURGOS**

**ESTUDIO SOBRE HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS
TÉRMICAS Y ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS
RESIDENCIALES PARA MINIMIZAR LA
DEPENDENCIA ENERGÉTICA.**

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR:

Sergio Escudero Castañeda

TUTOR:

Fernando Aguilar Romero

COTUTOR:

Raúl Briones Llorente

JUNIO DE 2021



1. ÍNDICE.

1.	ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO.	4
1.1.	Elaboración y supervisión del estudio.....	4
1.2.	Antecedentes del estudio.....	4
1.3.	Justificación del estudio y marco actual.....	6
1.3.1.	Justificación de la elección del programa de simulación.	7
1.4.	Objetivos.	8
1.4.1.	Objetivo principal.....	8
1.4.2.	Objetivos secundarios.....	8
2.	ELECCIÓN DEL EDIFICIO.....	10
2.1.	Elección inicial de edificios.	10
2.1.1.	Enumeración de las características buscadas en los candidatos.	10
2.1.2.	Enumeración de opciones elegidas.....	12
2.2.	Elección definitiva del bloque.....	14
3.	RECOPIACIÓN DE DATOS DEL EDIFICIO ELEGIDO.	15
3.1.	Situación inicial.....	15
3.2.	Obtención de planos y características de cerramientos.....	16
4.	RECOPIACIÓN DE DATOS PARA MODELIZACIÓN EN CE3X.....	19
4.1.	Datos a calcular para modelizar el edificio.	20
4.1.1.	Datos generales y definición del edificio.	21
4.1.2.	Cálculo de superficie útil.....	24
4.1.3.	Cálculo de superficie de fachadas.....	28
4.1.4.	Cálculo de superficie de cubiertas.	35
4.1.5.	Cálculo de superficie de retranqueos y voladizos.....	37
4.1.6.	Cálculo de Patrones de Sombras.....	38
4.1.7.	Cálculo de superficie de cerramientos.	41
4.1.8.	Puentes térmicos.	43
5.	MEDIDAS DE MEJORA.....	45
5.1.	Medidas de mejora automáticas de CE3X.	46



5.1.1.	Aislar fachadas por el interior.	48
5.1.2.	Aislar fachadas por el exterior.	50
5.1.3.	Aislamiento térmico en cubiertas.	51
5.2.	Medidas de mejora definidas por el usuario.	52
6.	CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA.	54
6.1.	Cálculo de pérdidas por conducción.	55
6.2.	Cálculo de pérdidas por ventilación.	62
6.3.	Cálculo de demanda energética de ACS.	64
7.	DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIONES.	68
7.1.	Cálculo de la potencia necesaria en instalaciones de calefacción y ACS.	68
7.1.1.	Demanda conjunta de energía térmica.	69
7.1.2.	Demanda independiente de calefacción y ACS.	69
7.2.	Opciones para satisfacer la demanda energética.	70
7.2.1.	Suministro con equipos de caldera de biomasa.	71
7.2.2.	Instalación de caldera de biomasa con apoyo de bombas de calor.	87
7.2.3.	Instalación con apoyo solar.	91
7.2.4.	Instalación con turbina de cogeneración.	99
7.2.5.	Modificación de las ventanas del bloque estudiada conjuntamente con mejora de envolvente térmica.	105
7.2.6.	Uso de calderas de gas de condensación centralizadas.	108
8.	INTERPRETACIÓN DE LOS INFORMES, COMPARACIÓN Y ELECCIÓN DE MEJORAS DEFINITIVAS.	113
8.1.	Elección de medidas pasivas.	113
8.1.1.	Evaluación y elección de aislamiento de fachadas.	113
8.1.2.	Evaluación de modificación de las ventanas junto con mejora de envolvente térmica.	119
8.2.	Evaluación de las opciones definidas para satisfacer la demanda energética. .	122
8.2.1.	Evaluación de la opción de implantar calderas de biomasa junto con aislamiento térmico.	122



8.2.2.	Evaluación de la medida que propone el uso de bombas de calor para producción de ACS y caldera de biomasa para calefacción.....	125
8.2.3.	Evaluación de instalación de caldera de biomasa complementada con bombas de calor o con apoyo solar.....	127
8.2.4.	Evaluación de instalación con turbina de cogeneración.....	130
8.2.5.	Evaluación de uso de calderas de gas de condensación centralizadas.....	132
9.	MUESTRA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN CE3X.	135
10.	CONCLUSIONES.	136
11.	ANEJOS.....	139
11.1.	Plano N°1.	140
11.2.	Plano N°2	141
12.	Terminología.	144
13.	BIBLIOGRAFÍA.	145



1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

1.1. Elaboración y supervisión del estudio.

Este estudio se ha llevado a cabo por Sergio Escudero Castañeda, durante el proceso, ha contado con la supervisión de Fernando Aguilar Romero y Raúl Briones Llorente. Debido a la complejidad del edificio objeto de estudio, el tiempo disponible para realizar dicho trabajo y el hecho de haber aprendido a emplear el programa “CE3X” (respaldado por el ministerio para su uso en certificaciones energéticas para edificios), se ha contado con la colaboración de Saúl Álvarez Fuente. La colaboración ha sido principalmente en todo lo relacionado a obtención de información, planos y detalles constructivos del edificio.

1.2. Antecedentes del estudio.

Para realizar el estudio objeto de este trabajo, se parte de una gran base de información. En un primer momento, se llevan a cabo búsquedas de información en páginas web de consulta, como puede ser el catastro de Burgos o planos a vista de satélite de la ciudad (Google Maps o Google Earth). Con esta información será posible tomar las decisiones iniciales que permitan comenzar con la investigación inicial y búsqueda de posibles candidatos. Para determinar que edificios serán los idóneos a la hora de realizar en ellos modificaciones, por su año de construcción, volumen de viviendas, orientación y disponibilidad de terrenos aledaños o locales destinados a uso comercial en los que poder ubicar las instalaciones auxiliares para la producción de energía oportunas.

Como principal fuente de información, que ha sustituido a las ya mencionadas, una vez definido cada uno de los edificios candidatos, se ha contado con los documentos almacenados en el archivo municipal de Burgos. En esta institución se almacenan tanto planos, como la memoria del proyecto de ejecución de los edificios, firmados por el arquitecto responsable de su diseño, sellados por el colegio de ingenieros y verificados por la autoridad competente. Por parte del Archivo, no ha habido ningún tipo de problema a la hora de realizar todas y cada una de las consultas necesarias, tampoco ha supuesto un problema la obtención de planos y documentos relacionados con cada uno de los edificios consultados. Se han tomado estos documentos como la fuente de información más fiable. Dichos documentos han proporcionado la información necesaria para realizar el estudio energético y certificación energética de un bloque de 217 viviendas en la ciudad de Burgos. De este modo, se ha partido de una fuente de información sólida, buscando de este modo, que los resultados proporcionados, se ajusten lo máximo posible a la realidad y, por tanto, las posibles actuaciones propuestas en las conclusiones de este estudio, sean factibles y rentables.



Se ha realizado un estudio de este tipo por la actualidad del tema base de este estudio. Es bien sabido que actualmente, cada vez hay mayor concienciación social acerca del uso responsable de la energía. Esta es un bien que puede llegar a ser limitado si se obtiene de vectores energéticos como pueden ser los derivados del petróleo o gases licuados del petróleo. Los principales tipos de energía empleados en las ciudades son los combustibles fósiles. Estos se emplean principalmente para el desplazamiento urbano e interurbano en vehículos de particulares y la obtención de energía térmica para la climatización de las viviendas y producción de agua caliente sanitaria (ACS) entre otras actividades industriales. Podemos ver que las políticas actuales van enfocadas a la descarbonización periódica que afecta a transporte y edificios. Las propias marcas de coches están comenzando y apostando fuerte por la electrificación e hibridación de sus vehículos, incentivadas fuertemente por las sanciones económicas gubernamentales. Del mismo modo, esta descarbonización se pretende trasladar al ámbito residencial. Con las últimas políticas medioambientales, se han aprobado suculentas subvenciones para la rehabilitación de viviendas. Este tipo de obras está comenzando a desarrollarse con gran rapidez. En ciudades con condiciones climáticas adversas cada vez es más frecuente ver rehabilitaciones de fachadas. En los edificios de nueva construcción, se busca que los consumos energéticos sean cada vez menores, mientras se incentiva el uso de energías renovables. De este modo, si se hace una analogía entre el mundo del automóvil y el sector residencial, se puede ver como el proceso de mejora energética de los vehículos va orientado a la fabricación de dispositivos de movilidad cada vez más eficientes, dado que los vehículos antiguos desaparecerán en un periodo relativamente corto, por la esperanza de vida de un vehículo medio. Pese a que la edad media de un vehículo en el parque de automóviles español es alta, se está incentivando achatar vehículos antiguos para sustituirlos por nuevos modelos a cambio de ayudas económicas. Del mismo modo, ocurre algo semejante con los bloques de viviendas. En ellos se consumen grandes cantidades de combustible y suponen un alto porcentaje en las emisiones totales del país. Pero en este caso, no sería conveniente ni viable sustituir los edificios por otros nuevos, la edad media de un edificio es muy alta comparada con un vehículo. Tras todo esto, queda de manifiesto la importancia de realizar mejoras de eficiencia energética en edificios, así como el uso de fuentes de energía renovables para abastecerlos.

Es en este camino donde se han orientado las nuevas ayudas del gobierno con el objetivo de fomentar la transición ecológica, lo que, unido a la concienciación progresiva de los ciudadanos y el muy elevado número de edificios antiguos, ha creado un nuevo mercado que se desarrollará con fuerza en los próximos años.



1.3. Justificación del estudio y marco actual.

Como justificación a la redacción y elaboración de este estudio, se pretende mostrar como la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones que abastecen a los edificios residenciales, es un tema de actualidad en nuestro país. Para este fin, se ha recurrido a un Real decreto del 23 de marzo del 2021 en el que pasan a recogerse en la legislación española distintas consideraciones y recomendaciones de actuación propuestas por la Comunidad Europea.

Tras consultar el Real decreto por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, donde se constituye el marco normativo básico en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios. Se puede ver cómo, en este documento se lleva a cabo una modificación del RITE para poder adaptar diversos aspectos procedentes de la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, en la que se fomentaba el uso de la energía procedente de fuentes renovables en edificación. Del mismo modo, en este documento, también se recoge la incorporación de varias directivas europeas. Las consecuencias de las mismas serán la instauración de un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico, aplicables a productos energéticos y la creación de un marco para el etiquetado energético. También se introducen requisitos que afectarán a instalaciones térmicas a fin de contribuir a la implementación de las medidas de eficiencia energética incluidas en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. A este efecto, en el documento se puede leer lo siguiente:

“La reducción prevista del consumo de energía primaria es del 39,5 % en 2030, objetivo que se alcanzará mediante medidas propuestas en el plan, como la renovación del equipamiento residencial.”

Una modificación representativa del RITE que pone de manifiesto la necesidad e importancia de comenzar a desarrollar proyectos que atañen a la mejora energética de los edificios, como se plantea este estudio, esta modificación será la del “*Artículo 12. Eficiencia energética, energías renovables y energías residuales.*” En este punto, se especifica que las instalaciones deben diseñarse, mantenerse y calcularse con la finalidad de conseguir una mejora energética y una reducción de las emisiones de gases contaminantes. Para esto, se propone el uso de sistemas de recuperación de energía y el uso de las energías renovables, así como las energías residuales. Aquí también se pone de manifiesto la necesidad del uso por parte de las instalaciones térmicas de energías renovables para satisfacer con estas una parte de las necesidades del edificio. En el caso planteado en este estudio, se tratará de que esta sea la mayor parte posible. También resulta interesante mencionar la aparición de una Instrucción



Técnica, la “*IT 1.2.4.7.1 Limitación de la utilización de la energía convencional para la producción de calefacción centralizada.*”

Toda esta información, que representa solo una parte de las medidas planteadas por el gobierno, pone de manifiesto el esfuerzo realizado por la administración europea y por gobierno de España a la hora de conseguir reducir las emisiones producidas en los edificios. Así como el interés por la reducción de la dependencia de fuentes de energía no renovables.

1.3.1. Justificación de la elección del programa de simulación.

Para realizar este estudio, es necesario emplear una herramienta que lleve a cabo la simulación de edificios, arrojando como resultados datos acerca de los consumos, emisiones de gases contaminantes y según la legislación actual, se necesita tener en cuenta, cuál será la calificación energética del mismo después de llevar a cabo una reforma que afecte a instalaciones y evolvente térmica.

A tal efecto, desde el ministerio se ofrecen varios programas certificados y aceptados para el cálculo de este tipo de parámetros. En este caso, el programa elegido por el proyectista ha sido: CE3X. En este estudio, este programa será empleado como herramienta de comparación de medidas de mejora. No es competencia del estudio ni su finalidad la obtención del certificado energético del bloque de viviendas, pese a que para poder realizar conjuntos de mejora con el programa y compararlos, esto sea inevitable y necesario. Esto ha supuesto una mayor complejidad a la hora de realizar el estudio, dado durante la titulación de Ingeniería Mecánica, no se ha prestado atención a tareas de este tipo en ninguna de sus asignaturas. Pese a esto, es importante mencionar que tras la obtención del título en la carrera que actualmente cursa la persona responsable de este estudio, dicha persona será un técnico reconocido para realización este tipo de certificados (Certificación de eficiencia energética).

Este programa será capaz de realizar todos los informes necesarios a la hora de acometer reformas en edificios existentes. Proporciona el certificado de eficiencia energética, lo que supone una cantidad de información considerable a la hora de evaluar una modificación que altere el estado natural de un edificio.



1.4. Objetivos.

Durante el estudio se han buscado distintos objetivos, todos ellos de gran importancia e interrelacionados entre ellos en mayor o menor medida. Estos objetivos se han creado tratando de esclarecer y como base para llevar a cabo la elección de las medidas de mejora en el bloque de viviendas. Dado el gran número de posibilidades disponible a la hora de rehabilitar un edificio, estos objetivos permitirán aclarar qué medidas son las más beneficiosas.

1.4.1. Objetivo principal.

Reducción del consumo energético. Para poder llevar a cabo esta reducción, se ha empleado un método de cálculo simplificado de la eficiencia energética de bloques de viviendas ya construidos. Este método es el implementado por el programa de simulación (reconocido por el Ministerio para este fin): CE3X. Mediante este programa se ha podido conocer en cada caso cuál es la demanda media global del edificio, la demanda de energías no renovables y otros datos representativos que se mostrarán y explicarán a lo largo del estudio. Las principales medidas para conseguir esta reducción son la implementación de medidas pasivas que reduzcan la necesidad de calefacción, la implementación de equipos con mejores rendimientos que los presentes en el caso inicial y el uso de energías renovables.

1.4.2. Objetivos secundarios.

Reducción de gases contaminantes emitidos en el lugar en el que se ubica el propio bloque de viviendas, Este objetivo está relacionado con el principal de una forma muy directa. En caso en que se reduzca la cantidad de energía necesaria para cubrir las condiciones mínimas de climatización y salubridad del edificio, se estarán reduciendo de forma directa las emisiones de CO_2 siempre que no se modifique de algún modo la instalación energética existente en el bloque. Esto también ocurrirá cuando la fuente de energía empleada sea cualquier tipo de combustible. Este objetivo, repercute en el impacto sobre la calidad del aire en el entorno del edificio y en el propio núcleo urbano. Para poder conseguir buenos resultados en este aspecto, se han propuesto ciertas medidas que afecten a la eficiencia de los equipos de producción energética, combinando esto con medidas pasivas que puedan reducir la demanda energética (mejoras de la envolvente térmica). De este modo, será necesario obtener una calificación a la hora de obtener las mejoras definitivas, en la que se muestre la repercusión sobre la reducción de las emisiones de gases contaminantes de cada uno de los conjuntos de mejoras. Del mismo modo, se ha pretendido que la producción de energía eléctrica en el propio edificio llevase asociada unas emisiones menores a lo que podría suponer su producción en instalaciones



convencionales, como centrales de ciclo combinado. Todo esto, teniendo en cuenta las pérdidas de energía asociadas al transporte.

Primar la instalación de fuentes de generación **de energía renovables**, permitiendo de este modo una menor dependencia de los mercados energéticos (Gas, Fuel, Electricidad, ...). Con este objetivo, también se busca una mejor certificación energética del edificio, que aportará a los inquilinos beneficios como:

- Aumento del valor de la vivienda.
- Contribución al cuidado del medio ambiente.
- Beneficio económico de las ayudas del estado.

Periodo de amortización de la solución adoptada **lo más corto posible**, esto también se puede explicar cómo la elección de la solución que aporte mayor reducción de demanda energética a menor coste.

Como se puede observar, el objetivo principal está relacionado con los objetivos secundarios y es por esto que el estudio deberá valorar todos ellos conjuntamente y tratar de encontrar una solución que englobe todos ellos. Para la obtención y definición de la mejor opción, en un primer momento se llevará a cabo un planteamiento de distintas medidas de mejora para el edificio. Este planteamiento de las medidas de mejora, recogerá información acerca de cada tipo de tecnología empleada en cada una de las mejoras. Así mismo, también recogerá información detallada en los casos que sea necesario acerca de los elementos empleados, nombrándolos con marca comercial y referencia. Para complementar esta información y poder hacer una evaluación económica también se mostrarán precios de cada una de las actuaciones y modificaciones presentes en cada una de las medidas de mejora.

Para completar el estudio, se dedicará un nuevo apartado a la evaluación de cada una de las medidas propuestas, en dicha evaluación, se descartarán ciertas mejoras. Para finalizar y mostrar una solución sólida, se emplearán aquellas tecnologías que se hayan ajustado mejor a los objetivos propuestos. Esta medida, será la medida definitiva y finalidad de este estudio.



2. ELECCIÓN DEL EDIFICIO.

Para realizar un estudio como el que se pretende, un apartado crucial es la elección correcta del edificio.

Para garantizar que el edificio escogido permita llevar a cabo sobre él distintas modificaciones y sea posible su modelización con cierto rigor, es crucial llevar a cabo un proceso de selección para elegir el más adecuado. Este proceso comienza con la elección de varios candidatos, teniendo en cuenta unos criterios iniciales y muy básicos. Tras esta primera elección, se llevará a cabo un último cribado en el que se emplearán nuevos criterios y se obtendrá el bloque definitivo que pasará a ser el punto sobre el que gire el estudio.

2.1. Elección inicial de edificios.

Primera fase, en ella se ha intentado que los bloques presentasen unas características estudiadas previamente. Tras aclarar cuáles son las características que debe presentar el edificio, se pasa a mostrar varios candidatos que se ajusten a lo descrito anteriormente.

2.1.1. Enumeración de las características buscadas en los candidatos.

Para facilitar el estudio, la modelización del edificio y la obtención de resultados lo más representativos posibles, se han fijado una serie de características y se ha explicado el motivo por el que han sido elegidas.

Estas son las siguientes:

Antigüedad.

El año de construcción y visado de los bloques elegidos será un parámetro determinante. Un estudio de esta naturaleza, podría no resultar rentable en una edificación moderna, dado que, la ejecución de mejoras energéticas en un edificio llevado a cabo con la legislación actual, pese a tener margen de mejora, este no es tan grande como si puede serlo en edificios construidos bajo legislaciones menos permisivas como pueden ser las anteriores al 2006.

Del mismo modo, no sería recomendable acometer una mejora energética en un edificio muy antiguo, dado que las mejoras supondrían problemas a nivel urbanístico, habría restricciones a la hora de acometer la instalación de energías renovables o de implantación de nuevos sistemas térmicos. En casos en los que las fachadas sean consideradas patrimonio



histórico, solo se pueden ejecutar cerramientos por el interior de la fachada y esto no repercute en tantos beneficios como si lo hace la posibilidad de aislar por el exterior.

Ubicación.

Es importante que el bloque se encuentre en una buena situación, en la que la ejecución de las obras no suponga un problema para su entorno, ni derive en grandes complicaciones logísticas (zonas muy concurridas, con grandes concentraciones de edificios, difícil acceso de las herramientas y materiales).

Es importante, que el bloque elegido disponga de zonas cercanas en las que poder introducir instalaciones auxiliares de producción energética, tales como calderas, bombas de calor u otro tipo de dispositivos. De no ser así, los cambios en las instalaciones serían realmente complejos y ciertamente limitados. Como desde este estudio, se busca proponer un gran número de opciones posibles para la mejora de la eficiencia energética y el apoyo de suministro eléctrico, es crucial que cuente con estas zonas libres o con opción a ser ocupadas sin que esto pueda producir problemas excesivos. Se buscarán terrenos disponibles para su uso, garajes en el propio edificio o locales comerciales en plantas bajas.

Tamaño.

Este debe ser lo suficientemente grande, como para que las medidas acometidas beneficien al mayor número de personas posibles. De este modo, las medidas serán más efectivas, el proyecto será más completo y se conseguirá una mayor reducción de emisiones que en un edificio pequeño. La elección de bloques con gran número de viviendas y amplias zonas construidas supone mayor cantidad de trabajo, pero esto no supondrá un problema dado que la toma de datos será común y se realizará en colaboración con otro trabajo fin de grado de la escuela.

Geometría.

Esta condición irá relacionada con la descrita anteriormente. Por norma general, cuanto más tamaño tiene un edificio, su geometría es más compleja. Con esta consideración, quedarán excluidos los edificios de gran tamaño y con una distribución compleja. Así mismo, también se excluyen los edificios de menor tamaño y con diseños de fachada poco convencionales.

Pese a renunciar a la elección de un bloque complejo, tampoco se va a prestar atención a edificios con diseños sobrios y que no presenten complicaciones en su diseño. Una parte de este proyecto es la elaboración del estudio de eficiencia energética y aprender la metodología



para realizarlo mediante un programa de simulación, de modo que no se elegirán supuestos que no presenten ningún tipo de complicación.

Una vez enumeradas todas las condiciones que se han tenido en cuenta para llevar a cabo la primera elección de candidatos, se pasa a enumerar cuales han sido los bloques elegidos y que características presenta cada uno de ellos.

2.1.2. Enumeración de opciones elegidas.

- Opción 1:

Bloque de viviendas situado en la zona de Villimar, entre las calles: Laberinto de la Fortuna, Luis Labín, Lazarillo de Tormes y Esteban Granado.

Bloque construido en el año 2006, con gran diversidad de orientaciones de fachadas, dispone de 120 viviendas y una media de 122.45 [m²] por vivienda. Información obtenida de hojas Excel disponibles en la página del catastro de Burgos.



Figura 1: Imagen aérea del bloque de viviendas tomado como Primera Opción.

Como se puede ver en la imagen, el bloque cuenta con 5 pisos habitables, contabilizando planta baja y ático. El pequeño bloque colindante de colores marrones oscuro y claro, pertenece a un edificio de distinta titularidad y por lo tanto no formará parte del estudio en caso de que esta opción sea la elegida.

Del mismo modo, se puede apreciar fácilmente que dispone de un terreno central disponible. Consultando la página del catastro, se puede ver que este terreno está calificado como suelo disponible, sin edificar, construcción ruinoso. Este sería entonces la zona en la que poder realizar las instalaciones necesarias. Cabe destacar que esta imagen está tomada durante la tarde, algo que se puede observar si se atiende a la sombra proyectada sobre el terreno interior. Una



vez aclarado esto, se puede ver como la carretera delimita el terreno por el Sur, haciendo así que este disponga de gran cantidad de horas de sol, haciendo posible la implantación de una pequeña instalación de captadores solares en la zona central de la parcela, reduciendo así las horas de sombra durante el amanecer y el atardecer.

Si se presta atención a las cubiertas del edificio, estas son prácticamente en su totalidad terrazas de viviendas de los áticos y disponen de muy poca superficie en la que colocar colectores o paneles solares.

- Opción 2:

Este bloque se encuentra entre las calles: Solidaridad, Hermanas Mirabal, Manuel Muñoz Guillén y José María Codón.

Este bloque se ha construido en el año 2005, cuenta con ocho fachadas diferentes, siete plantas habitables si se tiene en cuenta la planta baja y el ático. Alberga 217 viviendas, con una superficie media de 110.72 [m²] por vivienda. Datos obtenidos de la página web del Catastro Burgos.



Figura 2: . Imagen aérea del bloque de viviendas tomado como Segunda Opción.

Como se puede ver, en esta opción, se cuenta con un único bloque, con tres tipos distintos de fachada, una de ellas dedicada especialmente para las zonas en voladizo (fachada verde). La azotea cuenta con cubierta inclinada y disponible para instalación de paneles o colectores solares. Al igual que en la opción anterior, se dispone de un terreno central, en el que no se está desarrollando ningún tipo de actividad y calificado en el catastro como suelo sin edificar, construcción ruinoso. Este puede ser empleado para instalar algún tipo de caldera, instalaciones auxiliares para apoyar el funcionamiento de una red de calefacción y ACS centralizada entre otras opciones. En este caso, no sería tan viable la implementación de



dispositivos de captación de energía solar, dado que este terreno se encuentra delimitado prácticamente en su totalidad por edificios, de modo que dispondría de pocas horas de sol.

El número de viviendas tan elevado, la cantidad de fachadas y la complejidad de estas, pueden hacer de este bloque una buena opción para el estudio.

2.2. Elección definitiva del bloque.

Tras observar en detalle las características de cada uno de los edificios, se ha elegido la opción número dos para realizar el estudio.

Esta opción dispone del terreno auxiliar disponible que más fácilmente puede ser modificado, cuenta con un gran número de viviendas y con la complejidad justa como para ser modelizado mediante el programa de simulación.

Tras acudir al archivo a consultar información sobre los posibles candidatos, se ha podido ver que, no todos los proyectos de los bloques eran iguales. Unos eran más comprensibles y estaban mejor organizados, mientras otros contaban con un alto número de planos descartados y nulos, que probablemente fueron presentados ante la autoridad competente y rechazados por diversos motivos. Tratándose de un estudio basado en datos reales y en el que se necesita que la información sea lo más clara y concisa posible, se ha optado por el bloque con los planos más claros, mayor grado de detalle en sus especificaciones y las memorias más completas.

Puesto que, en este caso, el estudio no se está ejecutando bajo encargo de una comunidad de vecinos determinada y existe la posibilidad de realizar el proyecto sobre la opción más conveniente, se ha buscado que la labor de obtención de datos sea lo más cómoda posible, dentro de las dificultades intrínsecas al propio proceso.



3. RECOPIACIÓN DE DATOS DEL EDIFICIO ELEGIDO.

Para que la modelización del edificio elegido se pueda llevar a cabo, es imprescindible conocer todos los datos geométricos y constructivos apropiados. Estos no se encuentran con facilidad y su obtención supone un proceso tedioso de investigación y cribado de información. Es por esto que se ha creado un apartado completo en el que mostrar cual ha sido el proceso de obtención de datos.

Este proceso lleva asociado varias etapas. Desde el acceso a los propios datos necesarios para realizar el estudio, hasta la interpretación de los mismos. Esto se mostrará en dos pasos, descripción de la Situación Inicial del bloque y Obtención de planos y características de cerramientos.

3.1. Situación inicial.

Como elemento de partida para este estudio, se dispone de información detallada de un bloque de viviendas ubicado en la ciudad de Burgos.

Dicha información corresponde a lo proyectado por los responsables de su construcción. Desde el momento en el que se diseña y construye el edificio, hasta la fecha en la que se realiza este estudio, existe la posibilidad de que los vecinos del bloque hayan llevado a cabo algún tipo de modificación en sus viviendas.

Estas modificaciones, afectarían al estudio, ya que no han quedado patentes en el archivo de Burgos. Algunas de esas modificaciones podrían ser:

La instalación de pequeñas capas de aislante térmico en el interior de la vivienda para proteger contra humedades y reducir al mismo tiempo la conductividad térmica de las paredes.

La sustitución de las ventanas instaladas en la construcción del edificio, siempre por modelos más modernos y con mejores propiedades aislantes.

La sustitución de la caldera de cada vivienda por una más moderna y de mejores características.

Dado que una de las principales condiciones a la hora de elegir el edificio, ha sido que se trate de un proyecto relativamente moderno, no sería normal que algún vecino se haya decantado por realizar alguna de las modificaciones citadas anteriormente. De este modo, este estudio partirá teniendo en cuenta que la situación del bloque de viviendas es la misma que en el momento de su construcción.



Así mismo, una modificación tal como la instalación de una fachada ventilada sería fácilmente apreciable a simple vista. Por esto, se han comparado las imágenes tomadas del edificio en el momento de su construcción, con el aspecto que presenta en la actualidad. De este modo, se puede afirmar que el estado del edificio a fecha de ejecución de este estudio es el mismo que el que presentaba en el momento de su construcción y no se han llevado a cabo en él modificaciones considerables que puedan afectar a la viabilidad de las mejoras propuestas por parte del proyectista.

3.2. Obtención de planos y características de cerramientos.

Para esta labor, ha sido necesario acudir en repetidas ocasiones al Archivo de Burgos, situado en el Palacio de Castilfalé. En estas visitas al Archivo, se han consultado todos los planos originales que se emplearon a la hora de llevar a cabo la ejecución del proyecto, así como cada una de las memorias. Estas consultas a los documentos originales han sido necesarias para obtener toda la información requerida. Las consultas realizadas se han complementado solicitando varios planos y hojas clave de la memoria. La solicitud de estos documentos se hace en la propia institución y desde allí se envían documentos pdf a las personas que requieran dicha información. Para la publicación de los planos obtenidos, se requiere el consentimiento del Archivo, dicho consentimiento quedará reflejado mediante el Permiso de solicitud de publicación. Dicho permiso se encuentra en los anejos.

Por ser este un estudio orientado principalmente a conocer el comportamiento termodinámico del bloque y realizar mejoras en él, solo se han tenido en cuenta documentos tales como:

- Planos en los que se muestra con detalle las cotas principales en planta de cada uno de los pisos del edificio. (Estos planos serán necesarios para el cálculo de la superficie útil del bloque de viviendas, y para el cálculo de la superficie de cada una de sus fachadas).
- Planos de sección vertical, en los que se puede ver la altura libre al suelo en cada una de las plantas del edificio, así como los espesores de los forjados de cada una de las entreplantas. (Estos planos, permiten calcular la superficie de cada una de las fachadas, si se emplean conjuntamente con los citados anteriormente). Estos eran de gran simplicidad y los datos que aportan son los siguientes:

Altura libre en vivienda: **2,60 [m].**

Altura de forjado entre pisos: **0.40 [m].**



- Documentos de la memoria, junto con planos de detalle, en los que se especifica cada uno de los materiales de los que están compuestas las fachadas y cerramientos del edificio. Estos son de vital importancia. En caso de que no se conozcan los materiales que se han empleado para llevar a cabo los cerramientos y sus cotas, se estaría cometiendo un grave error, dado que la modelización en el programa sería completamente falsa. En caso de suponer menor aislamiento del que realmente se ha colocado en las fachadas, o un material aislante con una conductividad térmica mayor, el resultado de la demanda térmica proporcionado por el programa sería mayor que la demanda térmica real del edificio. Del mismo modo, será igual de grave suponer espesores mayores a los empleados, así como materiales con mejores propiedades aislantes. Esto, puede desembocar en problemas a la hora de calcular los periodos de amortización de las modificaciones planteadas al final de este estudio. También puede afectar en muchas otras estimaciones.
- Planos con definición de carpinterías. Las ventanas son elementos por los que en los periodos de tiempo frío, es fácil que se llegue a perder más calor que por las fachadas, si estas no son de la calidad suficiente. Del mismo modo, las ventanas son los principales focos por los que penetra el calor en el domicilio en los periodos de tiempo más cálidos, dependiendo siempre de la orientación en la que se encuentren. Combinando los planos mencionados hasta el momento, con el plano de carpintería que aparece en el proyecto y las imágenes exteriores del edificio, se puede realizar una modelización de cada uno de los tipos de ventana disponible. También es posible determinar qué cantidad de ventanas hay en cada fachada y a qué modelo pertenecen.

De todos los documentos mencionados se ha obtenido la siguiente información:

Composición forjado Planta Baja / Sótano (Garajes y trasteros, zonas que no necesitan aporte calórico), capas ordenadas de abajo arriba:

Guarnecido, enlucido y pintado.

Forjado reticular de 20 + 5.

Aislante térmico de espuma de poliuretano de 4 [cm], de espesor de 50 [kg/m³] de densidad.

Pavimento y mortero de agarre 7 [cm].

Dos tipos de acabado para los cerramientos de fachada. Uno con ladrillo cara vista de color verde y dos con acabado monocapa en color blanco para la planta baja y la azotea y otro para los pisos del primero al quinto:



Composición de fachada ladrillo cara vista (enumeración de exterior a interior):

½ Pie de ladrillo a cara vista enfoscado y fratasado interiormente 1 [cm].

Aislante térmico de poliuretano proyectado de 4 [cm] en una cámara de aire de 5 [cm].

Trasdosado de machetón de 7 [cm].

Guarnecido y enlucido de 1,5 [cm].

Composición de fachada con revestimiento monocapa:

Revestido de monocapa de 1,5 [cm].

½ Pie de ladrillo perforado enfoscado y fratasado interiormente de 1 [cm].

Aislante térmico de poliuretano proyectado de 4 [cm] en una cámara de aire de 5 [cm].

Trasdosado de machetón de 7 [cm].

Guarnecido, enlucido y pintado de 1,5 [cm].

En los anejos, en el punto 11 de este estudio, se pueden consultar los planos de planta con cotas de cada una de los pisos del edificio, estos son propiedad de la empresa que ha llevado a cabo el proyecto, hasta que pasaron a ser propiedad del Ayuntamiento de Burgos, de modo que se exponen en este estudio de modo meramente justificativo, dando así la posibilidad de comprobar la veracidad de las medidas empleadas para el cálculo de superficie en fachadas, de sus orientaciones y cada una de las divisiones en los distintos tipos de fachada.



4. RECOPIACIÓN DE DATOS PARA MODELIZACIÓN EN CE3X.

El procedimiento para obtener la calificación de eficiencia energética, paso inevitable para la obtención de la información necesaria, se ejecutará mediante el programa CE3X.

Según el Real Decreto 390/2021, del 1 de junio, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de edificios (BOE-A-2021-9176), en él se afirma que:

“Los procedimientos para la calificación de eficiencia energética de un edificio deben ser documentos reconocidos y estar inscritos en el Registro general de documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética (de carácter informativo) Este registro queda adscrito al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Secretaría de Estado de Energía.”

Si se consulta este registro, se puede ver que los programas CE3 y CE3X, son herramientas informáticas que emplean procedimientos Simplificados para la Certificación Energética de edificios existentes y promovidos por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Entre estos programas reconocidos por el ministerio se encuentran también programas como: CYPETHERM HE Plus, SG SAVE, CERMA, LIDER-CALENER.

Tras justificar la elección del programa elegido (CE3X), es el turno de justificar las decisiones principales tomadas durante el uso del programa a la hora de la modelización del edificio. Al tratarse de un programa desarrollado expresamente para la certificación energética, en un primer instante, solo se deben introducir datos generales tales como “*Localización e identificación del edificio*” (datos relevantes, dado que, de este apartado, el programa obtendrá la ubicación del edificio y será capaz de interactuar con su base de datos, para establecer las condiciones climáticas que caracterizan el entorno del edificio), “*Datos del cliente*” y “*Datos del técnico certificador*”. Por la naturaleza de este estudio, Trabajo Fin de Grado realizado por parte del alumno, estos datos no serán necesarios, dado que, ni el técnico certificador (en este caso el alumno) cuenta con la titulación habilitante según la normativa vigente, ni existe un cliente que haya demandado este estudio.

En este apartado, solo serán datos reales y vinculantes, aquellos relativos a la identificación y localización del edificio.

A parte de los datos mencionados anteriormente, el programa necesita recopilar datos de forma del edificio, cerramientos, demanda de ACS y métodos de producción de energía empleados. Requiere todo esto para poder realizar los cálculos necesarios mediante una



combinación de dichas medidas, con la propia base de datos aportada por el programa. De este modo, los datos proporcionados serán suficientes para poder conocer la demanda energética del bloque, así como diversos valores de gran importancia para conocer el comportamiento del edificio. Es por esto, que se necesita disponer de datos lo más precisos posibles, para que la información obtenida con el programa sea fiable.

4.1. Datos a calcular para modelizar el edificio.

En este apartado se tratará de explicar cuáles son principales datos requeridos por el programa. Estos son los que afectarán de un modo más acusado a los resultados. A continuación, se pasa a hacer un resumen en el que se muestra cuáles serán aquellos datos que supondrán un mayor efecto en la simulación:

El programa necesita conocer cuál es la superficie encerrada tras las fachadas, para poder estimar qué cantidad de espacio se debe climatizar. Del mismo modo, se necesita especificar la superficie de fachada que delimita dicho espacio. Una consideración importante es la de la orientación de cada una de las fachadas. Dado que no está sometida a las mismas cargas térmicas una fachada orientada al Norte que otra de mismas dimensiones orientada al Sur. Una vez obtenida la superficie de cada una de las fachadas y su orientación, aparece un nuevo factor a tener en cuenta. Este nuevo factor es la composición de la fachada. Un muro con una misma orientación puede estar formado por distintos componentes, algo que afectará directamente a la conductividad térmica. En el edificio objeto de estudio, podemos distinguir dos tipos de acabados, uno de ladrillo cara vista y otro con acabado de mortero monocapa. Una vez conocidos todos los datos de superficie de fachada de cada uno de los acabados y con cada una de las orientaciones posibles, se procederá a introducir dichos valores en el programa. Dentro de cada una de las divisiones creadas, habrá que indicar el número y tipo de ventanas de que dispone cada una de las fachadas y cada uno de los acabados. Llegado a este punto, solo quedará calcular la superficie de cerramientos horizontales, para los que la distinción en orientaciones ya no será determinante, ni calificable. En los cerramientos hay que especificar la superficie, cuáles son cada uno de sus componentes, y la zona con la que están en contacto (garajes, local no habitable, etc.).

Tras esta breve introducción, inicia el proceso descriptivo sobre la procedencia de los datos empleados para la obtención del certificado energético del edificio en su estado inicial. Este será la base sobre la que considerar la viabilidad de las mejoras propuestas mediante la comparación de cada una de ellas con la obtenida bajo las condiciones iniciales.



4.1.1. Datos generales y definición del edificio.

En un primer momento, se recopilan los datos generales del edificio, que puedan aportarle información inicial al programa, para que pueda comenzar a generar el “*edificio objeto*” sobre el que después pasará a ampliar en detalle en el apartado de Evolvente térmica.

La primera información requerida acerca de las características del edificio, son los **datos generales**. En este apartado, se recopila información como la normativa vigente cuando el edificio se tramitó, el año en el que se construyó, el tipo de edificio y la localización geográfica. En este caso se trata de un edificio residencial, calificado como “Bloque de viviendas”, construido en el año 2005 bajo la normativa NBE-CT-79. En la ciudad de Burgos.

Todos estos datos se tienen en cuenta para determinar las solicitaciones térmicas que deberá tolerar el edificio a lo largo del año. En este caso se trata de Zona climática E1 – III. Con esta especificación se pueden conocer las temperaturas medias en el exterior y los valores de irradiancia global a lo largo de un año en la zona donde está ubicado el edificio.



A continuación, se muestra la tabla recogida en la DB HE Ahorro de energía donde se muestran las distintas zonas climáticas de las ciudades de Península Ibérica:

Tabla B.1.- Zonas climáticas de la Península Ibérica

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										h < 450			h < 950			h ≥ 950
Alicante/Alacant	B4	7					h < 250					h < 700			h ≥ 700			
Almería	A4	0	h < 100				h < 250	h < 400				h < 800			h ≥ 800			
Ávila	E1	1054														h < 550	h < 850	h ≥ 850
Badajoz	C4	168									h < 400	h < 450			h ≥ 450			
Barcelona	C2	1											h < 250			h < 450	h < 750	h ≥ 750
Bilbao/Bilbo	C1	214												h < 250			h > 250	
Burgos	E1	861															h < 600	h ≥ 600
Caceres	C4	385									h < 600				h < 1050			h ≥ 1050
Cádiz	A3	0	h < 150				h < 450					h < 600	h < 850			h ≥ 850		
Castellón/Castelló	B3	18					h < 50					h < 500			h < 600	h < 1000		h ≥ 1000
Ceuta	B3	0					h < 50											
Ciudad Real	D3	630									h < 450	h < 500			h ≥ 500			
Córdoba	B4	113					h < 150				h < 550				h ≥ 550			
Coruña, La/ A Coruña	C1	0												h < 200			h ≥ 200	
Cuenca	D2	975													h < 800	h < 1050		h ≥ 1050
Gerona/Girona	D2	143											h < 100		h < 600			h ≥ 600
Granada	C3	754	h < 50				h < 350				h < 600	h < 800			h < 1300			h ≥ 1300
Guadalajara	D3	708													h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Huelva	A4	50	h < 50				h < 150	h < 350				h < 800			h ≥ 800			
Huesca	D2	432										h < 200			h < 400	h < 700		h ≥ 700
Jaén	C4	436					h < 350				h < 750				h < 1250			h ≥ 1250
León	E1	346																h < 1250
Lérida/Lleida	D3	131										h < 100			h < 600			h ≥ 600
Logroño	D2	379											h < 200		h < 700			h ≥ 700
Lugo	D1	412															h < 500	h ≥ 500
Madrid	D3	589										h < 500			h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Málaga	A3	0					h < 300					h < 700			h ≥ 700			
Melilla	A3	130																
Murcia	B3	25					h < 100					h < 550			h ≥ 550			
Orense/Ourense	D2	327									h < 150	h < 300			h < 800			h ≥ 800
Oviedo	D1	214											h < 50			h < 550	h ≥ 550	
Palencia	D1	722															h < 800	h ≥ 800
Palma de Mallorca	B3	1					h < 250					h ≥ 250						
Pamplona/Iruña	D1	456										h < 100			h < 300	h < 600	h ≥ 600	
Pontevedra	C1	77											h < 350			h ≥ 350		
Salamanca	D2	770													h < 800			h ≥ 800
San Sebastián/Donostia	D1	5														h < 400	h ≥ 400	
Santander	C1	1												h < 150			h < 650	h ≥ 650
Segovia	D2	1013														h < 1000		h ≥ 1000
Sevilla	B4	9					h < 200				h ≥ 200							
Soria	E1	984														h < 750	h < 800	h ≥ 800
Tarragona	B3	1					h < 50					h < 500			h ≥ 500			
Teruel	D2	995										h < 450	h < 500			h < 1000		h ≥ 1000
Toledo	C4	445										h < 500			h ≥ 500			
Valencia/València	B3	8					h < 50					h < 500			h < 950			h ≥ 950
Valladolid	D2	704													h < 800			h ≥ 800
Vitoria/Gasteiz	D1	512															h < 500	h ≥ 500
Zamora	D2	617													h < 800			h ≥ 800
Zaragoza	D3	207										h < 200			h < 650			h ≥ 650

Tabla 1. Tabla recogida de la DB HE Ahorro de energía donde se puede ver la zona climática correspondiente a la ciudad de burgos.



La información relativa a la normativa vigente en el momento de la construcción del edificio, se emplea para conocer determinados aspectos constructivos. Con la normativa bajo la que se construyó el bloque, el programa es capaz de aportar información acerca de la forma de construir empleada, de los aislamientos empleados, calidades de materiales, etc.

Por último, se recopilan los datos de **definición del edificio**. Estos son: la superficie útil habitable (a la que se dedicará un apartado para explicar su proceso de obtención), la altura libre de planta, número de plantas habitables, la ventilación del inmueble, la demanda diaria de ACS y la masa de las particiones interiores. En este caso, según los planos de corte del edificio, la altura libre de planta será de 2.6 [m], el número de plantas habitables son siete y la ventilación del inmueble se ha definido como 0.63 [ren/h].

La demanda diaria de ACS se ha obtenido contabilizando el número total de viviendas, teniendo en cuenta el número de dormitorios en cada una de ellas, suponiendo una ocupación por vivienda según lo definido en el Documento Básico HE de Ahorro de Energía, en su Anejo F. Demanda de referencia de ACS. Estos datos de ocupación son los siguientes:

Tabla a-Anejo F. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Tabla 2. Tabla de valores mínimos de ocupación. Obtenida del DB HE Ahorro de Energía.

De este modo, se puede afirmar que la ocupación del edificio es de 794 [personas]. Con este dato, según esta misma norma, la demanda de ACS para edificios de uso residencial privado se obtendrá considerando unas necesidades de 28 [litros/persona*día] a una temperatura de 60 [°C]. Aquí también se recogen una serie de factores de centralización para instalaciones multifamiliares, con estos factores se tendrán en cuenta las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación. Estos factores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla b-Anejo F. Valor del factor de centralización en viviendas multifamiliares

Nº viviendas	N≤3	4≤N≤10	11≤N≤20	21≤N≤50	51≤N≤75	76≤N≤100	N≥101
Factor de centralización	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70

Tabla 3. Tabla de factor de centralización a tener en cuenta en instalaciones de ACS centralizadas. Obtenida del DB HE Ahorro de Energía.

Con esta información, la demanda de ACS del edificio se ha establecido en 22.232 [litros/día]. Esta demanda es para una instalación con calderas individuales, en las



modificaciones propuestas en las que se planee la instalación de una red centralizada, se empleará el factor de centralización, que proporcionará una demanda de 15.562 [litros/día].

Por último, se requiere información acerca de la masa de las particiones internas. Se busca conocer el tipo de tabiquería del edificio y cerramientos interiores, para poder tener en cuenta la inercia térmica de estas masas y tenerla en cuenta en los cálculos. Una masa ligera podría corresponderse con un local de oficinas donde las paredes interiores pueden ser de pladur y su masa es muy baja y una masa pesada, puede ser aquella que presente un edificio antiguo con gruesas paredes de piedra o adobes, de gran inercia térmica. De este modo, se ha optado por un valor medio de masa de las particiones.

4.1.2. Cálculo de superficie útil.

Uno de los primeros datos que requiere el programa y que afectará en gran medida a los resultados aportados es la “*Superficie Útil Habitable*” que tiene en cuenta los recintos habitables acondicionado. Este valor engloba tanto espacios residenciales como diversas partes de zonas comunes. La aparición de estas zonas comunes en el cálculo, así como de la superficie ocupada por columnas y tabiquería no es ningún despropósito. La justificación de esta decisión radica en que las zonas por las que el edificio disipa energía al ambiente no son los portales ni los tabiques que separan habitaciones. La pérdida de energía se produce por los cerramientos que delimitan con el ambiente, zonas destinadas a locales comerciales o garajes. Si se atiende a la DB HE AHORRO DE ENERGÍA, en su Anexo A, donde se explica la terminología empleada durante dicho documento, podemos acceder a la definición técnica de “Espacio habitable acondicionado”. Esta definición deja claro que habrá que tener en cuenta a efectos de cálculo como espacio habitable acondicionado, toda aquella superficie que precise mantener unas condiciones operacionales térmicas idóneas para el bienestar de sus ocupantes. También se especifica, que, en uso residencial, todos los espacios interiores de viviendas se consideran acondicionados. Es por esto, que no se necesita distinguir entre superficie de dormitorios, cocinas o baños, como si ocurre con otros programas de simulación. Por último, en esta misma definición se deja claro que a efectos de cálculo, de forma simplificada, es posible considerar como espacio habitable acondicionado otros recintos del edificio como pueden ser los pasillos, escaleras y otros tipos de zonas comunes. Así mismo, según el RITE: “*se permite definir la envolvente térmica de un edificio, encerrando tras de ella zonas comunes del mismo*”.

Por la complejidad del edificio elegido, por el gran número de portales, viviendas, pisos y todos los argumentos presentados previamente, la simulación en CE3X del bloque de viviendas, se llevará a cabo haciendo uso de la simplificación recogida en la DB HE y reconocida por el ministerio (que acaba de mencionarse) para la certificación energética.



El dato de superficie útil habitable, no se ha podido obtener directamente de los planos disponibles, dado que no se trata de un dato común, ni necesario a la hora de construir un edificio. Del mismo modo, por tratarse de un proyecto relativamente antiguo, no se ha podido tener acceso a los planos originales en AutoCAD, ni en ningún otro programa de diseño, simplemente se ha tenido acceso a digitalizaciones de los planos originales.

La metodología seguida para obtener la superficie ha sido la siguiente:

Partiendo de las imágenes de los planos de cada una de las plantas del edificio, se han introducido en el programa AutoCAD. El primer paso para trabajar con estas imágenes ha sido escalarlas, hasta conseguir que las cotas mostradas en estos planos se ajusten con cotas realizadas sobre la propia imagen. Tras esto, se han creado líneas que se ajusten del modo más preciso posible a los contornos interiores de cada uno de los cerramientos, dejando fuera el espesor de la propia fachada, recortando tendedores y terrazas (muchas de estas, zonas reconocidas como espacio habitable no acondicionado). Una vez realizada esta operación, se ha calculado el área encerrada por dichas rectas.

Esta operación se ha repetido con cada una de las plantas y se han sumado los valores de cada planta, el resultado será el valor de la superficie útil habitable.

A continuación, se muestra un ejemplo de la operación descrita:

- Escalado de los planos originales:

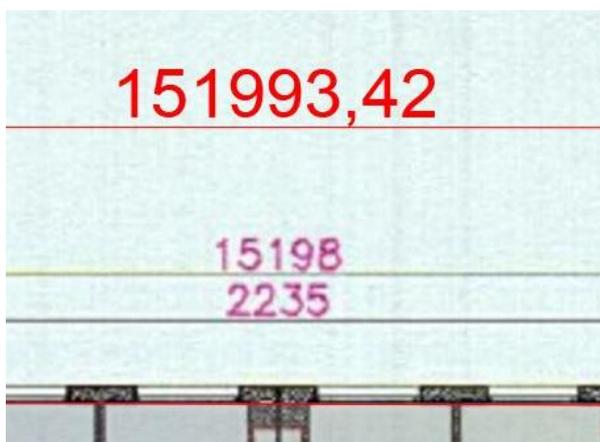


Figura 3: Detalle en el que se muestra el escalado del plano original en programa AutoCAD. Tomando como referencia la cota del plano de 15198 [cm].

Como aclaración a esta imagen, cabe destacar que los planos del bloque han sido acotados en centímetros (por el técnico que ejecutó el proyecto original), mientras que las unidades de trabajo estándares en el programa empleado (AutoCAD) son los milímetros.

Una vez expuesta la diferencia de unidades entre ambas cotas, merece la pena calcular el error cometido con este procedimiento:

$$15199.342 [cm] - 15198[cm] = 1,342 [cm].$$

De este modo, se puede observar como en una cota de 151,98 [m], se está cometiendo un sobredimensionamiento de 1,342 [cm].

Por otra parte, si se calcula el porcentaje de error que supone este desfase se obtiene el siguiente valor:

$$\%_{ERROR} = \frac{1,342 [cm]}{15198 [cm]} * 100 = 0,0088 \%$$

Queda claro que este no es un método tan efectivo como obtener estos datos directamente del archivo informático original, pero se trata de un método alternativo fiable.

- Modelización de los contornos de la zona útil habitable:



Figura 4: Muestra de modo de cálculo de superficie útil habitable mediante AutoCAD. El plano visible ha sido obtenido de los documentos propiedad del Ayuntamiento de Burgos, en él, se reflejan las dimensiones de la primera planta del bloque.

Para realizar el contorno que se puede apreciar en la imagen, se han empleado líneas con seis orientaciones distintas. El bloque, dispone de distintos recintos, el principal y de mayor



tamaño es el central. Para dibujar el contorno de este bloque se han empleado dos orientaciones distintas, perpendiculares entre ellas. De este modo, se garantiza que todas las líneas del contorno se ajustan a la realidad lo máximo posible. Este proceso se ha repetido para cada uno de los recintos colindantes al principal. Como se puede ver en la imagen, el recinto derecho tiene claramente distinta inclinación en el plano que el recinto izquierdo. Es por esto que se han empleado seis tipos de orientaciones, dos distintas para cada recinto.

Este procedimiento se ha repetido para cada una de las siete plantas habitables del edificio.

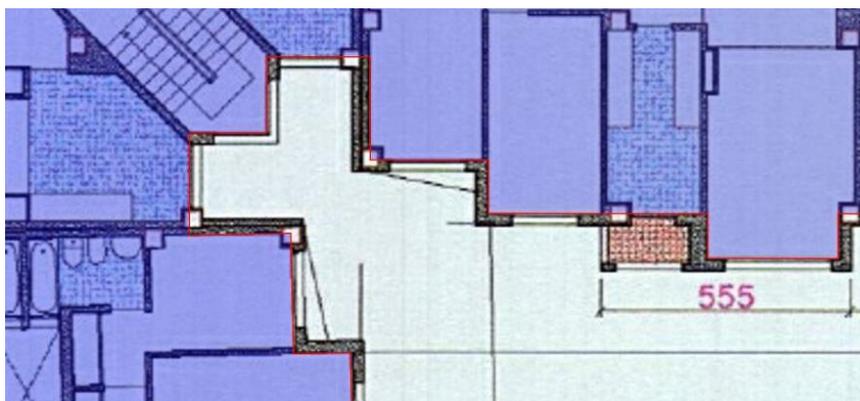


Figura 5: Detalle de como el contorno se ha ajustado correctamente a las distintas geometrías de la fachada del bloque.

Finalmente, para la obtención de la superficie total del bloque, se ha sumado el área de cada una de las plantas calculadas. Como se puede ver en los planos situados en los anejos, las plantas segunda, tercera y cuarta comparten plano de planta. Es por esto que la fórmula empleada para el cálculo total del bloque ha sido la siguiente:

$$S_{Utilizable} = S_{PBaja} + S_{P_1} + 3 \cdot S_{P_2} + S_{P_5} + S_{P_{\text{Ático}}}$$

Donde:

$$S_{PBaja}: 2018,089 \text{ [m}^2\text{]}.$$

$$S_{P_1}: 3623,367 \text{ [m}^2\text{]}.$$

$$S_{P_2}: 3605,384 \text{ [m}^2\text{]}.$$

$$S_{P_5}: 3660,843 \text{ [m}^2\text{]}.$$

$$S_{P_{\text{Ático}}}: 2283,629 \text{ [m}^2\text{]}.$$



Con lo que el resultado de superficie útil habitable será el siguiente:

$$S_{UtilHabitable} = 22393,906 [m^2]$$

4.1.3. Cálculo de superficie de fachadas.

Para el correcto uso del programa se debe introducir cada uno de los valores de la superficie de cada una de las fachadas, distinguiendo aquí entre cada uno de los acabados que se pueden presentar en las distintas orientaciones. El primer paso para poder nombrar correctamente a cada una de las fachadas y definir las correctamente, será la determinación de la orientación de cada una de estas según DB-HE 20170623.

En esta norma, se especifica que hay ocho tipos de denominaciones de fachadas diferentes. Siendo estas cada uno de los puntos cardinales: Norte, Sur, Este, Oeste y las combinaciones de estos: NE, NO, SE y SO. Consultando la norma se pueden conocer los grados de margen que se le puede dar a cada una de las posibles orientaciones.

En dicha norma se encuentra la siguiente imagen donde se recoge esta información:

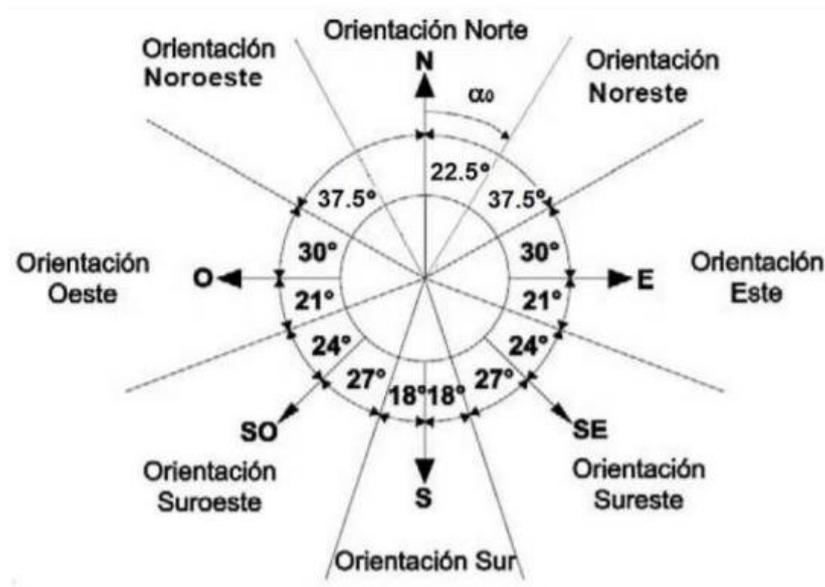


Figura 6: Representación de las consideraciones para definir el tipo de orientación de una fachada.



Para determinar la orientación del bloque objeto de estudio se ha tomado una imagen del contorno del bloque obtenida del catastro y sobre ella, se han medido las distintas orientaciones de las ocho fachadas a evaluar. El resultado se puede resumir mediante la siguiente imagen:

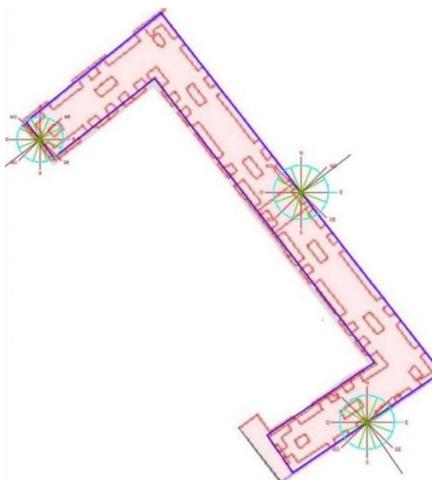


Figura 7: Simplificación de las fachadas del edificio en la que se puede ver su orientación.

Una vez conocidas tres de las orientaciones de las fachadas, podremos conocer la orientación de las otras cinco. El procedimiento para la obtención de este dato es simple, basta con introducir una imagen del bloque en un programa de dibujo, donde se pasará a dibujar cada una de las líneas que definen las fachadas en su vista en planta y después una recta perpendicular a cada una de estas. Colocando la rosa de los vientos, obtenida de la norma y mostrada anteriormente, es posible conocer la orientación de un modo simple, solo con ver en qué franja de la rosa queda la línea perpendicular a la fachada.

Tras conocer la orientación, el siguiente dato y más representativo será el valor del área que ocupa cada una de las fachadas. Este será un cálculo complejo, para el cual es necesario distinguir entre los distintos tipos de cerramiento presentes en el bloque. Para este cálculo, diferenciaremos entre Fachada de ladrillo cara vista y Fachada con acabado monocapa.

Mediante el uso de los planos originales de cada una de las plantas del edificio, y utilizando como complemento imágenes tomadas del edificio, se ha pasado a la confección de una hoja Excel en la que se ha calculado la superficie de cada uno de los dos tipos de acabado de cerramiento presente en cada una de las ocho fachadas. Diferenciando por portales y teniendo en cuenta la longitud de los voladizos y todas las irregularidades, se ha podido conocer cada una de las cotas necesarias.



➤ FACHADA 1.

Superficie Verde:

	Longitud salientes	Anchura lateral	Nº caras laterales	Nº pisos en los que se repite	Superficie [m ²]	Superficie sin salientes [m ²]
Portal C	1264	120	1	5	207,6	189,6
Portal D	921	120	2	5	174,15	138,15
	842	60	1	1	27,06	25,26
Portal E	921	120	2	5	174,15	138,15
	842	60	1	1	27,06	25,26
	1117,5	60	1	2	70,65	67,05
Portal F	921	120	2	5	174,15	138,15
	842	60	1	1	27,06	25,26
	1117,5	60	1	2	70,65	67,05
Portal G	921	120	2	5	174,15	138,15
	842	60	1	1	27,06	25,26
Portal H	1190	120	1	5	196,5	178,5
Datos principales acabado ladrillo cara vista:				Sup. Total [m ²]:		Sup. Sin Salientes Tot. [m ²]:
				1350,24		1155,84

Tabla 4. Tabla que recoge los datos empleados para la obtención de la superficie de fachada ladrillo cara vista verde de la fachada 1.

Superficie Monocapa:

Superficie Total acabado de mortero monocapa	1141,86
--	---------



➤ FACHADA 2.

Superficie Verde:

	Longitud salientes	Anchura lateral	Nº caras laterales	Nº pisos en los que se repite	Superficie [m ²]	Superficie sin salientes [m ²]
Portal H	1291	93	1	5	207,6	193,65
Portal I	921	120	2	5	174,15	138,15
Portal J	970	120	2	2	72,6	58,2
	470	120	2	3	63,9	42,3
Datos principales acabado ladrillo cara vista:					Sup. Total [m ²]:	Sup. Sin Salientes Tot. [m ²]:
					518,25	432,3

Tabla 5. Tabla que recoge los datos empleados para la obtención de la superficie de fachada ladrillo cara vista verde de la fachada 2.

Superficie Monocapa:

Superficie Total acabado de mortero monocapa	463,2
--	-------

➤ FACHADA 3.

Superficie Verde:

	Longitud salientes	Anchura lateral	Nº caras laterales	Nº pisos en los que se repite	Superficie [m ²]	Superficie sin salientes [m ²]
Portal J	355	100	2	5	83,25	53,25
	355	100	2	5	83,25	53,25
Datos principales acabado ladrillo cara vista:					Sup. Total [m ²]:	Sup. Sin Salientes Tot. [m ²]:
					166,5	106,5

Tabla 6. Tabla que recoge los datos empleados para la obtención de la superficie de fachada ladrillo cara vista verde de la fachada 3.

Superficie Monocapa:

Superficie Total acabado de mortero monocapa	118,5
--	-------



➤ FACHADA 5.

Superficie Verde:

	Longitud salientes	Anchura lateral	Nº caras laterales	Nº pisos en los que se repite	Superficie [m ²]	Superficie sin salientes [m ²]
Portal G	358	100	2	3	50,22	32,22
	555	100	2	2	45,3	33,3
	358	100	2	3	50,22	32,22
	565	100	2	2	45,9	33,9
	500	60	1	1	16,8	15
	500	100	1	1	18	15
Portal F	500	60	1	1	16,8	15
	500	100	1	1	18	15
	358	100	2	3	50,22	32,22
	565	100	2	2	45,9	33,9
	358	100	2	3	50,22	32,22
	845	90,2	2	1	30,762	25,35
	845	100	2	1	31,35	25,35
	498,5	60	1	1	16,755	14,955
498,5	100	1	1	17,955	14,955	
Portal E	498,5	60	1	1	16,755	14,955
	498,5	100	1	1	17,955	14,955
	845	100	2	1	31,35	25,35
	845	90,2	2	1	30,762	25,35
	358	100	2	3	50,22	32,22
	358	100	2	3	50,22	32,22
	565	100	2	2	45,9	33,9
	500	60	1	1	16,8	15
500	100	1	1	18	15	
Portal D	500	60	1	1	16,8	15
	358	100	2	3	50,22	32,22
	358	100	2	3	50,22	32,22
	500	100	1	1	18	15
	565	100	2	2	45,9	33,9
	555	100	2	2	45,3	33,3
Datos principales acabado ladrillo cara vista:				Sup. Total [m ²]:	Sup. Sin Salientes Tot. [m ²]:	
				1008,804	741,18	

Tabla 7. Tabla que recoge los datos empleados para la obtención de la superficie de fachada ladrillo cara vista verde de la fachada 5.

Superficie Monocapa:

Superficie Total acabado de mortero monocapa	1278,87
--	---------



En todos estos valores, no se ha tendido en cuenta el espacio que ocupan las ventanas, de modo que, para el programa, en este momento, todas las fachadas son ciegas y carecen de pérdidas térmicas por ventanas (y de puentes térmicos). Las ventanas suelen ser el principal elemento por el que se disipa mayor cantidad de calor, sobretodo en bloques antiguos, donde se empleaban carpinterías con altos coeficientes de conductividad térmica y alta permeabilidad (permiten una mayor entrada de aire del exterior en la vivienda).

Para que este cálculo sea apropiado, se ha consultado el plano de carpintería del bloque, para seguir sus especificaciones y poder definir cada uno de los veinticinco tipos de ventana empleados. Tras esto, consultando los planos de detalle de cada uno de los portales, se ha confeccionado una tabla Excel. En esta tabla, se ha recogido cada uno de los tipos de ventana presentes en cada uno de los pisos (planta baja, primera planta, segunda planta, tercera planta, quinta planta y ático) de cada portal (portales de la A, a la J), divididos siempre por fachada (de la Fachada 1 a la Fachada 8). Una vez disponibles todos los datos, se pasa a hacer un cribado de los mismos para poder afirmar, de forma precisa, que cantidad de ventanas hay en cada fachada y de qué tipo.

	Fachada 1	Fachada 2	Fachada 3	Fachada 4	Fachada 5	Fachada 6	Fachada 7	Fachada 8
V1	0	0	0	0	0	0	0	0
V2	22	7	0	1	35	3	7	13
V3	1	0	0	0	0	0	0	0
V4	0	0	0	0	0	0	0	0
PV5	3	2	0	0	0	0	0	2
V6	3	2	0	0	0	0	0	2
V7	2	1	0	0	5	0	1	1
PV8	0	0	0	0	7	1	2	0
V9	0	0	0	0	7	0	2	0
V10	0	0	0	0	0	0	0	0
PV11	0	0	1	0	0	0	2	0
V12	2	0	0	0	6	0	2	0
PV13	2	1	0	0	2	1	0	0
PV14	6	2	0	0	8	0	2	2
PV15	18	9	0	2	6	0	6	6
V16	8	2	0	0	0	0	0	2
PV17	0	2	0	0	0	0	0	2
V18	6	0	0	0	4	0	0	0
V19	0	0	0	0	0	0	0	0
V20	0	0	0	0	0	0	0	0
V21	0	0	0	0	0	0	0	0
V22	0	0	0	0	2	0	0	0
V23	0	0	1	0	9	0	4	0
V24	0	0	0	0	0	0	0	0
PV25	3	1	0	0	2	1	0	0

Tabla 8. Tabla donde se muestran cada una de las ventanas en cada una de las fachadas con acabado en color blanco.



**ESTUDIO SOBRE HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS TÉRMICAS
Y ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES PARA MINIMIZAR
LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA**



	Fachada 1	Fachada 2	Fachada 3	Fachada 4	Fachada 5	Fachada 6	Fachada 7	Fachada 8
V1	27	14	0	3	27	3	5	14
V2	60	30	0	8	56	8	14	30
V3	16	0	0	0	22	0	0	0
V4	18	3	3	0	16	0	7	3
PV5	9	2	2	0	9	0	4	2
V6	0	0	0	0	0	0	0	0
V7	0	3	0	0	3	0	3	3
PV8	0	0	0	0	0	0	0	0
V9	0	0	0	0	0	0	0	0
V10	0	0	0	3	5	3	0	0
PV11	0	0	0	0	0	0	0	0
V12	0	0	0	0	0	0	0	0
PV13	0	0	0	0	0	0	0	0
PV14	0	0	0	0	0	0	0	0
PV15	0	0	0	0	0	0	0	0
V16	0	0	0	0	0	0	0	0
PV17	0	0	0	0	0	0	0	0
V18	0	0	0	0	0	0	0	0
V19	0	0	5	0	0	0	5	0
V20	0	0	0	0	14	0	3	0
V21	0	0	3	0	0	0	3	0
V22	0	0	0	1	3	2	0	0
V23	0	0	0	0	0	0	0	0
V24	0	0	0	0	0	0	0	0
PV25	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 9. Tabla donde se muestran cada una de las ventanas en cada una de las fachadas con acabado en color verde.

	Fachada 1	Fachada 2	Fachada 3	Fachada 4	Fachada 5	Fachada 6	Fachada 7	Fachada 8
V1	23	11	0	2	23	2	5	11
V2	50	25	0	7	47	7	11	25
V3	14	0	0	0	18	0	0	0
V4	16	3	3	0	14	0	5	3
PV5	7	2	2	0	7	0	4	2
V6	0	0	0	0	0	0	0	0
V7	0	2	0	0	2	0	2	2
PV8	0	0	0	0	0	0	0	0
V9	0	0	0	0	0	0	0	0
V10	0	0	0	2	5	2	0	0
PV11	0	0	0	0	0	0	0	0
V12	0	0	0	0	0	0	0	0
PV13	0	0	0	0	0	0	0	0
PV14	0	0	0	0	0	0	0	0
PV15	0	0	0	0	0	0	0	0
V16	0	0	0	0	0	0	0	0
PV17	0	0	0	0	0	0	0	0
V18	0	0	0	0	0	0	0	0
V19	0	0	5	0	0	0	5	0
V20	0	0	0	0	11	0	2	0
V21	0	0	2	0	0	0	2	0
V22	0	0	0	1	2	1	0	0
V23	0	0	0	0	0	0	0	0
V24	0	0	0	0	0	0	0	0
PV25	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 10. Tabla donde se muestran cada una de las ventanas en cada una de las fachadas con acabado en color amarillo.



Tras conocer todos los datos acerca de Superficie de Fachadas, Tipos de cerramiento, Orientaciones, Cantidad y Tipos de ventanas, quedarían definidos completamente las fachadas del bloque.

4.1.4. Cálculo de superficie de cubiertas.

Para este cálculo ha sido necesario distinguir entre tres tipos de cubiertas. Dos de estas cubiertas son cubiertas planas y están en contacto directo con el aire, estas se corresponden con el suelo de las terrazas de los áticos y con las zonas planas de cubierta del ático. Por su parte, el tercer tipo de cubierta es el más predominante, este se corresponde con la cubierta inclinada del edificio. Estos tres cerramientos se pueden apreciar en la siguiente imagen:



Figura 8: Imagen obtenida con vista 3D de Google Maps, donde se aprecian los cerramientos de cubiertas.

Para obtener cada uno de los valores de superficie de los tres tipos de cubierta, se ha empleado AutoCAD con el fin de obtener la superficie habitable del ático que se corresponderá con la superficie conjunta de cubierta plana e inclinada. Así mismo, también se ha obtenido la superficie total de las terrazas.

Tras este paso, ya se conoce la superficie total de cerramiento correspondiente con las terrazas que será introducido en CE3X como: *Cubierta en contacto con el aire*.

El siguiente paso para poder diferenciar correctamente entre superficie de cubierta inclinada y cubierta plana, ha sido consultar las cotas presentes en el plano de planta del ático. En este plano se muestran las cotas de cada una de las zonas planas de la cubierta. Con estos datos se ha elaborado una tabla de Excel en la que recoger la superficie completa de este tipo de cerramiento.



Superficie de cerramiento[m ²]					
Zonas planas	Profundidad [mm]	Longitud [mm]	Nº veces repite	Área [mm ²]	Área [m ²]
	3730	3500	4	52220000	52,22
	3730	3300	1	12309000	12,309
	3730	3140	4	46848800	46,8488
	3730	3120	2	23275200	23,2752
	3730	3140	4	46848800	46,8488
	3730	3300	1	12309000	12,309
	3730	3500	1	13055000	13,055
	3730	2070	1	7721100	7,7211
	3730	3500	2	26110000	26,11
	3730	2060	1	7683800	7,6838
	3730	3500	6	78330000	78,33
	3730	3120	2	23275200	23,2752
	3730	3500	3	39165000	39,165
	3730	1890	2	14099400	14,0994
	3730	3500	2	26110000	26,11
Área total sup. Plana [m²]:				429,3603	

Tabla 11: Superficies de cada una de las cubiertas planas de la última planta del bloque.

Con el resultado de esta tabla, es posible pasar a calcular completamente las cotas del último tipo de cubierta, la cubierta inclinada.

Para el cálculo de esta cubierta, bastará con restar al área correspondiente a la superficie de viviendas del ático el área obtenido de zonas planas de cubierta. Por la naturaleza de este tipo de cubierta, cubierta inclinada a dos aguas, se introducirá en el programa como: *Partición interior horizontal en contacto con espacio no habitable superior.*

Para definir completamente este cerramiento, necesitaremos conocer una superficie adicional, dado que el valor mencionado anteriormente se corresponde con la superficie de la partición y para este tipo de cerramientos el programa necesita conocer también la: superficie del cerramiento. El valor superficie del cerramiento se corresponde con el área del recinto no habitable, sin tener en cuenta la superficie de la partición. En definitiva, los cerramientos por los que dicho recinto perderá energía.



Para este cálculo se ha calculado el factor de pendiente para un cerramiento con inclinación de 30° como es el de este bloque. Estos datos se muestran en la siguiente imagen, junto con una demostración del método por el que se obtienen el factor de pendiente para una cubierta con la inclinación indicada:

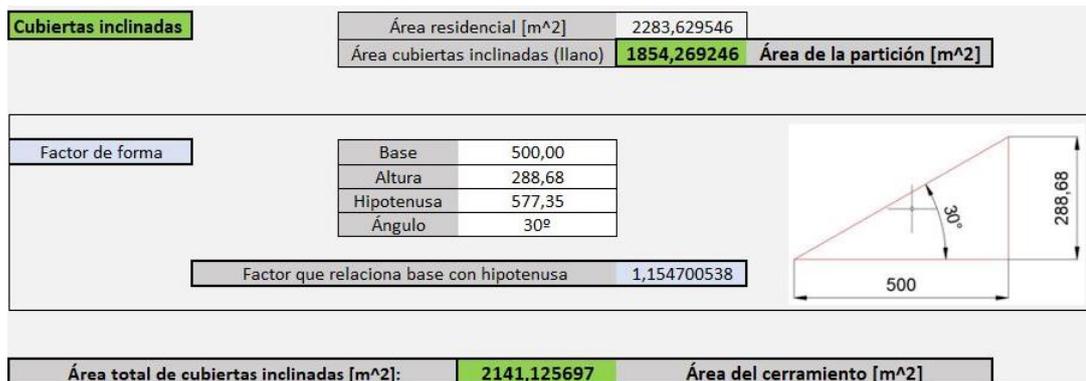


Figura 9: Imagen en la que se muestra el proceso de cálculo de superficies de cerramiento de azotea. Cubiertas inclinadas.

Con todos estos datos, la única información necesaria serán las propiedades aislantes de cada una de estas particiones. Para definir las de un modo apropiado, se ha optado por reproducir las especificaciones propuestas por los promotores de la obra, teniendo en cuenta cada uno de los espesores y materiales empleados en la construcción de cerramientos y cubiertas inclinadas. Estos materiales cuentan con una librería en el programa y no será necesario realizar cálculos complementarios ya que el propio CE3X será de calcular la transmitancia térmica de cada uno de los cerramientos.

4.1.5. Cálculo de superficie de retranqueos y voladizos.

Debido a que el bloque dispone de numerosos salientes y zonas en voladizo, en esos tramos las viviendas están añadiendo superficie en contacto con el exterior. En este caso, aparecerán zonas denominadas: Suelo en contacto con el aire exterior. Junto con estas zonas y prácticamente en la misma proporción, aparecerán cubiertas en contacto con el aire.

El cálculo de estas áreas se llevará a cabo mediante Excel, consultando las cotas de los planos de planta de cada uno de los pisos. El método de cálculo será similar al empleado para determinar el área de fachadas. Se parte de la información disponible en las cotas de los planos originales y se trabaja con todas ellas hasta obtener la información deseada.

Este proceso es tedioso y sencillo, de modo que no se hará un especial hincapié en él.



4.1.6. Cálculo de Patrones de Sombras.

Los patrones de sombras son distintos para cada una de las fachadas, y en ellos se recoge información acerca de los bloques cercanos a la fachada objeto de estudio. En estos patrones se muestra de que forma los bloques cercanos arrojarán sombra sobre el bloque estudiado. Estos patrones se representarán en una carta solar en la que se muestra la trayectoria solar en cada una de las etapas del año y sobre ella se proyectan las fachadas de los edificios cercanos.

Este es un factor importante, ya que las zonas que en invierno dispongan de una irradiación solar mayor, dispondrán de menor consumo energético, mientras que las que tengan mayor número de horas de sombra en verano, requerirán de menor refrigeración.

El procedimiento para obtener estos patrones de sombra será el siguiente:

- En primer lugar, hay que determinar que fachadas precisan de este cálculo. Según la norma, todas aquellas que puedan sufrir la sombra de otro edificio. Como se puede observar en la siguiente imagen, las fachadas que requerirán de este cálculo serán las fachadas del número 3 al número 7.



Figura 10: Vista del bloque a simular y sus alrededores. En esta imagen se muestran las posibles sombras que pueden afectar a la irradiación de las fachadas del bloque.



Por estar bien ubicado, solo se deberá calcular patrones de sombra producidos por un edificio.

- El segundo paso se repetirá en cada una de las fachadas indicadas en el paso anterior. En este, hay que determinar cuál de las fachadas del edificio serán las que se deberá tener en cuenta, por su cercanía y por la posibilidad de arrojar sombra a últimas horas del día. Entre estas fachadas también hay que considerar que el edificio objeto de estudio, puede arrojar sombra sobre sí mismo.

Tras esto, se deben obtener los ángulos que determinen la posición de cada una de las esquinas superiores de las fachadas que arrojarán sombra sobre la que se esté estudiando en cada momento.

Estos ángulos serán:

Acimut: Para calcularlo, existe un procedimiento estandarizado. Este procedimiento indica que es necesario dibujar una línea que determine la orientación Sur sobre el punto medio de la fachada en la que se quiera obtener el patrón de sombra. Tras esto, desde ese mismo punto se dibujarán rectas que terminen en cada una de las esquinas de las fachadas que arrojen sombra sobre la estudiada en cada caso (puntos característicos). El ángulo acimut tendrá que definirse para cada una de esas esquinas y será el definido por la recta que termina en dicho punto y la recta que indica el Sur.

Se puede ver un ejemplo de este procedimiento para la fachada 7:



Figura 11: Imagen obtenida de AutoCAD. Obtención de ángulos acimut de cada uno de los puntos representativos que podrán arrojar sombra a la fachada 7.



Elevación: Para conocer este ángulo, se traza una línea imaginaria desde el punto central de la fachada estudiada, hasta cada uno de los puntos de cada una de las fachadas que arrojarán sombra sobre esta (vista en planta, mismos puntos que en Acimut, un ángulo de elevación por cada ángulo de elevación). La línea imaginaria partirá desde una altura equivalente a la mitad de la altura de la fachada estudiada (bloque del que se pretende obtener la certificación energética) y terminará en el punto más alto de la fachada correspondiente (bloque que arroja sombra sobre el estudiado). El ángulo de elevación será el definido entre esta línea una paralela al plano de nivel de suelo.

Para realizar este cálculo, se ha considerado que la altura de ambos bloques, serán iguales dado que sus características son semejantes. Este dato se ha obtenido del plano de corte del bloque.

Por tratarse de un ángulo complicado de medir sin el instrumental adecuado, se ha realizado un nuevo modelo de CAD, partiendo del existente a la hora de realizar el cálculo de los ángulos Acimut. En ellos, se ha medido la distancia que separa el punto central de la fachada estudiada y cada uno de los puntos de las fachadas que la darán sombra. De este modo, con la cota de la distancia que separa ambos puntos y la altura desde el punto medio del edificio estudiado, hasta la altura del punto más alto del edificio cercano, es sencillo calcular este ángulo mediante trigonometría. Para ese cálculo final, se ha vuelto a recurrir a una hoja de cálculo.

A continuación, se muestra una imagen de la obtención de la distancia entre puntos:



Figura 12: Imagen obtenida de AutoCAD. En ella se muestran las cotas principales para la obtención de los ángulos de elevación de cada una de las fachadas que arrojan sombra sobre la fachada 7.



Tras conocer cada uno de estos ángulos, el último paso es introducirlos en el programa. CE3X requiere un título para cada uno de los patrones de sombra y definir uno a uno todos los puntos de cada fachada. Una vez definidos, estos patrones se aplicarán a fachadas y ventanas. Cada uno de ellos presentará una geometría distinta.

A continuación, se muestra un ejemplo de patrón de sombra:

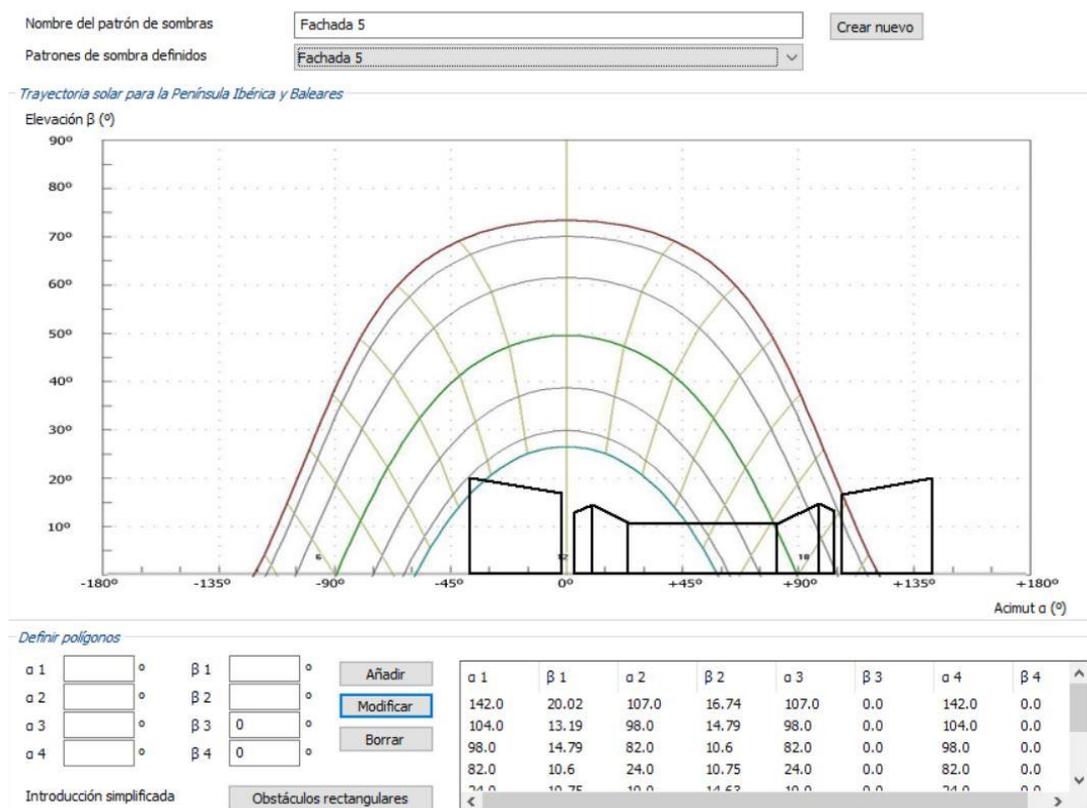


Figura 13: Patrón de sombras de la fachada 5 obtenido del programa CE3X tras introducir los puntos representativos de cada una de las fachadas que arroja sombra sobre esta.

4.1.7. Cálculo de superficie de cerramientos.

Hay determinadas zonas donde termina el edificio, en las que se producen pérdidas de calor no recuperables. Estas zonas no quedan definidas en el apartado de fachadas, dado que alguna de ellas no delimita directamente con el exterior y sus cerramientos son distintos.

Podemos encontrar casos, en los que la superficie útil del edificio estudiado, delimite con un local comercial. Estos locales comerciales no tienen que seguir las mismas normas de climatización que las zonas residenciales y en algunos casos puede que se encuentren vacíos. Es por esto que las paredes que delimiten con uno de estos locales, serán focos por los que se pierda energía.



En el edificio estudiado, encontramos varios locales comerciales, todos ellos cerrados y sin ningún tipo de uso, a excepción de uno de ellos en el que se puede encontrar una farmacia. Mediante los planos de planta baja, se puede determinar la superficie de cada pared que delimita con estos locales. Como dato adicional, para introducir estas particiones verticales colindantes con locales comerciales o espacios no habitables, se necesita la superficie del cerramiento. La superficie de la partición es la correspondiente a la de la propia pared que delimita con el local. Mientras que la superficie de la partición, es la correspondiente a aquellas fronteras del local por las que pueda haber pérdidas de calor. Por la peculiaridad de estos locales (están situados debajo de las viviendas del primer piso) en esta superficie no entrará la superficie de techos, ni la propia de las paredes que delimiten con otras viviendas. En este caso, tendrán que considerarse las fachadas de locales que delimiten con el exterior y la superficie construida del propio local, en relación a la superficie del suelo por la que pierde calor hacia la zona de garajes.

Del mismo modo, en el propio plano de planta baja, se puede obtener la superficie que delimita los locales con garajes que se utilizará para introducir otro tipo de partición (será la misma que delimite pisos de primera planta con locales). Esta será: *partición horizontal con local comercial o espacio no habitable inferior*. En este caso, se refiere a la frontera de los primeros pisos desde la que pierden energía hacia estos locales. Se debe calcular cada una de las superficies de cada uno de los locales para introducirla como superficie de la partición. Tras esto, la superficie del cerramiento, será la misma que la introducida en los cerramientos anteriores.

Por otra parte, consultando el plano de garajes y el de planta baja conjuntamente, mostrados en el anexo X.X, se obtiene la superficie de garaje y la superficie de la partición que delimita planta baja con garajes (respectivamente), que se utilizarán para introducir otro tipo de partición. Esta será: *partición interior horizontal en contacto con espacio no habitable inferior*. En este caso, trata de la frontera de las viviendas situadas en planta baja, desde la que pierden energía hacia el propio garaje. Se debe calcular cada una de las superficies de cada de las zonas útiles habitables de planta baja, para introducirla como superficie de la partición. Tras esto, la superficie del cerramiento, será la obtenida del plano de garajes sumando el perímetro (obtenido con AutoCAD y con la altura de garaje). Este tipo de partición también requiere el cálculo del volumen del recinto, que se calcula de modo sencillo una vez encontrada la superficie de garaje y su altura.

De este modo, la única partición por definir, sería la correspondiente a la zona transitable situada en el “eje de simetría del edificio”. Este es un buen momento para destacar que pese a lo que pueda parecer observando las imágenes exteriores del edificio y los planos del mismo, en un primer momento, se puede pensar que este es simétrico. Si esto fueses así, la simulación habría resultado ciertamente más sencilla. La obtención de datos habría sido más simple, dado



que, bastaría conocer los datos de una mitad del edificio, para poder definir el bloque por completo. En este caso esto no ha sido así y por esto, la obtención de datos del edificio (toma de medidas) ha sido un proceso largo. Volviendo a la partición que delimita la superficie del suelo de las viviendas del primer piso con la zona transitada situada en el centro del bloque, el cálculo de su superficie es más simple que el de los cerramientos anteriores. En este caso, solo aparece una partición denominada: *partición horizontal en contacto con el exterior*. El cálculo del área que delimita con el exterior es simple, ya que se trata de una superficie rectangular, y las cotas aparecen en el plano de planta baja del edificio.

4.1.8. Puentes térmicos.

En la simulación, la definición de puentes térmicos tiene que llevarse a cabo en último lugar, dado que estos se crearan para cada uno de los elementos introducidos en la envolvente térmica. Esto quiere decir, que una vez introducidas todas las fachadas, cerramientos de azoteas, cerramientos con locales, voladizos, ventanas, etc., el programa se encargará de definir cada uno de los puentes térmicos presentes en cada una de las uniones entre estos componentes.

Para que la definición de los mismos sea correcta, es importante definir todos los puentes térmicos que aparecerán en el bloque, dado que, en algunos casos, puede que alguno de los puentes térmicos proporcionados en las opciones del programa puede que no estén presentes.

Resulta ilustrativo definir en este momento qué son los puentes térmicos, cuales son los más comunes y que efectos pueden derivarse de la existencia de los mismos.

Según el Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico HE, se define puente térmico como:

“Aquella zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción. Esto conlleva una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento. Las variaciones de uniformidad mencionadas anteriormente, pueden ser tanto por cambios de espesor del cerramiento o de los materiales empleados, por la penetración completa o parcial de elementos con diferente conductividad, por la diferencia entre el área externa e interna del elemento, etc.”

En este caso, los puentes térmicos presentes serán los siguientes:

Pilar integrado en fachada. Los pilares de cada piso que se integran en la fachada reducen el espesor del cerramiento y en algunos casos, supone que desaparezca el aislamiento térmico en el espacio ocupado por el pilar.



Pilar en esquina. Del mismo modo que el puente térmico anterior, los pilares en esquina, se colocan integrados en la pared lo máximo posible para aumentar la superficie útil de la vivienda, en consecuencia, se reducen las propiedades aislantes de la fachada en el encuentro de pilar con fachada.

Contorno de hueco. La instalación de ventanas, conlleva colocar materiales fijadores como puede ser espuma en el contorno de la ventana, para garantizar la solidez de la misma. Esto conlleva pérdidas por todo el contorno, dado que suelen ser materiales de baja densidad y no disponen de las mismas propiedades aislantes que las propias ventanas y la fachada.

Caja de persiana. Las cajas de persiana son prácticamente siempre las zonas más frías de las ventanas. En ellas, las propiedades aislantes suelen ser malas, dado que la caja que albergará la persiana enrollada no suele tener grandes espesores, pues no sería estético que la caja sobresalga por el interior ni el exterior de la vivienda. Generalmente se trata de chapas metálicas o de PVC que en ocasiones pueden tener adheridas finas capas de algún elemento aislante.

Encuentro de fachada con forjado. En edificación, la construcción de pilares y forjados se realiza siempre antes que la instalación de los cerramientos. De este modo, la fachada apoyará siempre mayormente sobre los forjados del piso en el que se está instalando y terminará en la parte inferior del forjado superior. De este modo, las propiedades aislantes de la fachada se pierden en la línea de unión entre fachada y forjado.

Encuentro de fachada con cubierta. Caso muy similar al anterior. Se considerará en el estudio, dado que el quinto piso y el ático son habitables y son las zonas en las que se encuentran estos puentes térmicos.

Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire. En todos los voladizos introducidos, el aislamiento definido para estos, termina una vez se encuentra con la fachada, de este modo, la línea que une la intersección entre ambos cerramientos tendrá peores cualidades aislantes y supondrá un pequeño aumento de las pérdidas en dicha zona.

Podrían definirse más, pero estos son los más representativos y que penalizarán en mayor medida al edificio. Otros puentes térmicos serían poco representativos, deberían introducirse manualmente y no se dispone prácticamente de información para definirlos. Así mismo, no se ha introducido puente térmico de encuentro de fachada con solera, dado que las plantas habitables no están en contacto con la cimentación del edificio.



5. MEDIDAS DE MEJORA.

Para conseguir que el edificio minimice su dependencia energética lo que conlleva que obtenga una certificación energética más favorable, es necesario plantear medidas de mejora que atiendan tanto a la mejora de su envolvente térmica, como a la mejora en la eficiencia de sus instalaciones o que supongan la introducción de métodos de producción de energía renovables.

En este estudio, las mejoras irán orientadas principalmente a la implantación de nuevas tecnologías térmicas y eléctricas. Buscando que estas interactúen, tratando de emplear sistemas de cogeneración en algunos casos, junto con sistemas de producción de calor convencionales.

La producción eléctrica quedará en un segundo plano. Tratando de aprovecharla siempre en los momentos que sea posible o cuando resulte rentable. Dada la disponibilidad de la azotea, se podría emplear para instalar paneles solares fotovoltaicos o colectores solares. Tratándose de cubierta inclinada, y con orientación a dos aguas, la instalación de placas con soportes buscando la máxima eficiencia generaría elevados costes y complejidades técnicas. Si se optase por una instalación de ese tipo, deberían emplearse soportes para las placas que resistan eficazmente las cargas del viento, de modo que esto supondría sobrecostes, generaría zonas de sombra que repercuten reduciendo el número de paneles a instalar y habría zonas de sol en cubierta que se perderían. Esto, son supuestos y situaciones que habrá que evaluar, para llegar a la solución más beneficiosa.

Pese a que el objetivo del estudio sea buscar implementar aquellas tecnologías de producción de energía que reduzcan la dependencia energética del edificio, todo esto será en vano y carecerá de sentido, si no se acompaña de algún tipo de mejora en la efectividad de la envolvente térmica del edificio. Para esto existe una amplia gama de medias posibles. Es en este apartado en el que se va a pasar a definir cada una de estas modificaciones.

Cabe destacar que, a la hora de plantear las mejoras, se priorizarán las mejoras en el aislamiento del edificio antes que las nuevas instalaciones. Se introducirán en primer lugar las mejoras de aislamiento térmico, para poder diseñar unas instalaciones que requieran de un aporte menor de energía. De este modo, se estará diseñando la instalación desde un primer momento tratando de escoger equipos que trabajen dentro de lo posible en su punto de mayor rendimiento. Si se introdujesen en un primer momento las mejoras en las instalaciones, los equipos quedarían sobredimensionados al introducir las medidas de mejora pasivas. En este caso los dispositivos trabajarían la mayor parte del tiempo en regímenes de mala eficiencia y por tanto estas instalaciones no cumplirían lo especificado en el RITE. En este documento se indica que, en el diseño de instalaciones de calefacción, acondicionamiento de aire y



producción de agua caliente sanitaria, deben emplearse equipos que trabajen en regímenes de máximo rendimiento.

Por tanto, queda patente la necesidad de llevar a cabo el cálculo de demanda energética global del bloque para suplir la demanda de calefacción y ACS, para poder dimensionar los equipos de un modo correcto. Tras esta breve introducción se pasa a presentar cada una de las medidas de mejora. Estas, deben encontrarse en un marco de viabilidad coste-eficacia.

5.1. Medidas de mejora automáticas de CE3X.

Una vez creada la modelización del edificio, el propio programa, ofrece una serie de medidas de mejora automáticas que afectaran tanto a la envolvente térmica, como a las instalaciones de ACS, calefacción y refrigeración. Estas medidas, pueden ser combinadas con las que el certificador considere apropiadas, mediante la creación de paquetes de medidas.

Tras esto, el programa permitirá realizar un análisis económico de las medidas, a partir de las facturas energéticas o mediante datos del coste de las medidas y del propio precio de la energía. Un elemento importante a la hora de llevar a cabo la comparación entre los diversos paquetes de medidas propuestos.

Por parte del programa las medidas de mejora propuestas son las siguientes:

Envolvente térmica	Adición de aislamiento térmico	Adición de aislamiento térmico en fachada por el exterior
		Adición de aislamiento térmico en fachada por el interior o relleno de cámara de aire
		Adición de aislamiento térmico en cubierta
		Adición de aislamiento térmico en suelo
		Trasdosado interior de pilares integrados en fachada
		Adición de aislamiento en cajas de persiana
	Sustitución o mejora de huecos	Sustitución de vidrios por otros más aislantes
		Sustitución de vidrios con control solar/mejora del control solar
		Sustitución de ventanas (vidrios y marcos más aislantes)
		Mejora de la estanqueidad de la ventana
		Incorporación de doble ventana
		Incorporación de elementos de protección solar



**ESTUDIO SOBRE HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS TÉRMICAS
Y ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES PARA MINIMIZAR
LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA**



Instalaciones	Mejora de la eficiencia/ incorporación de sistema de ACS, calefacción y/o refrigeración	Sustitución del equipo generador de calor para ACS	Sustitución por caldera de combustión de alta eficiencia
		Sustitución del equipo generador de calor para calefacción	Sustitución de caldera de combustión por otra de mayor eficiencia, manteniendo el combustible y el tipo de caldera
			Sustitución por caldera de biomasa
			Sustitución por caldera de combustión de alta eficiencia
		Sustitución del equipo generador de frío para refrigeración	Sustitución de caldera de combustión por otra de mayor eficiencia, manteniendo el combustible y el tipo de caldera
			Sustitución por bomba de calor de alta eficiencia
	Incorporación de un sistema de recuperación de calor	-	Incorporación/mejora de un equipo de recuperación de calor
	Incorporación de un sistema de energía solar	-	Incorporación de sistema de energía solar térmica para ACS
			Incorporación de un sistema de energía solar térmica para calefacción
			Incorporación de un sistema de energía solar térmica para refrigeración
Incorporación de un sistema solar fotovoltaico		Incorporación de un sistema solar fotovoltaico	
Incorporación de sistema de un micro-cogeneración	-	Incorporación de un sistema de micro-cogeneración para ACS	
Mejora de la eficiencia de la iluminación	-	Sustitución del equipo de iluminación	
Incorporación de un sistema de recuperación de calor	-	Incorporación/mejora de un equipo de recuperación de calor	

Tabla 12: Tablas sacadas del manual de medidas de mejora de CE3X. Documento del IDAE.

Ciertas de estas medidas pueden ser evaluadas, estudiados sus pros y contras a la hora de introducirlas en la simulación y en caso de ser necesario, empleadas conjuntamente con las medidas propuestas por el certificador, que en este caso se orientarán a la mejora de las instalaciones.

Pese a disponer de tanta cantidad de medidas, es competencia del técnico certificador elegir cual puede ser la mejor opción para cada tipo de edificio y situación.

Para introducir las mejoras, el programa es capaz de determinar las medidas que disminuirán la demanda energética y las emisiones de CO2 anuales (cuantifica estas reducciones), pero deja en manos del proyectista el cálculo de los costes de la obra y costes de



mantenimiento. Para poder conocer el periodo de amortización y los beneficios que puede aportar esta inversión, también es necesario conocer el tiempo de vida útil estimado en cada una de las modificaciones propuestas. De este modo, conociendo el tiempo durante el que la medida acometida supondrá un ahorro para los inquilinos y conociendo ese ahorro, se puede llegar a determinar si será rentable ejecutar la mejora. En caso de que la mejora propuesta, se amortice en un tiempo superior a la vida útil de la misma, esta medida debería ser descartada.

En este caso se llevarán a cabo medidas de mejora de la envolvente térmica. Para definir las completamente, será necesario establecer de un modo simplificado los datos económicos. En el momento en el que se tome la decisión final de mejora, será labor del técnico responsable de diseñar y supervisar la reforma, así como calcular y buscar presupuestos detallados para la ejecución de la obra.

Para garantizar que se encuentran las mejores opciones para este bloque, se ejecutarán estudios con distintos tipos de aislamientos, de este modo, se podrá evaluar mediante los informes aportados, cuál de las medidas será la idónea. Tras esto, se seguirá un proceso semejante con las instalaciones. Se propondrán distintos tipos de mejoras, basadas en distintos tipos de tecnología, de modo que tras comparar los informes del programa (incluyendo la mejora elegida para la envolvente térmica) se llegará a una conclusión acerca de cuál de las instalaciones se adapta mejor a los objetivos fijados al inicio de este estudio en el punto 1.3.

En este momento se pasará a explicar en qué consiste cada una de las mejoras de aislamiento térmico de fachadas y que ventajas pueden suponer:

5.1.1. Aislar fachadas por él interior.

Este tipo de aislamientos es ideal cuando no se quiere realizar el aislamiento por el exterior de la fachada. En estos casos, no supone un problema realizar el aislamiento de la vivienda o viviendas de las personas interesadas en esta modificación. Esta es su principal ventaja.

A continuación, se explicarán en detalle las características de cada una de las opciones disponibles para este tipo de aislamiento.

Inyección de aislante térmico en cámara de aire.

Esta medida está orientada principalmente para casos en los que la comunidad de vecinos no está de acuerdo en la rehabilitación o mejora de aislamiento de fachada. Para no afectar al resto de vecinos, se rellena la cámara de aire de la fachada de la vivienda que se quiere modificar. En primer lugar, esto requiere de la presencia de cámara de aire, en el caso de este estudio, esta podría ser una opción para los vecinos que lo deseen. El relleno de esta cámara



se consigue inyectando un aislante con pistolas de inyección y aire comprimido. Este sistema es el más económico, y no requiere de rehabilitación de ningún tipo, ni por el exterior ni interior.

Pese a esto, este sistema presenta discontinuidades en el aislamiento, dado que habrá zonas con mayor concentración de aislante que otras, especialmente las zonas entre los agujeros de inyección quedarán peor aisladas. (Agujeros cada 50 [cm]). Aparece la posibilidad de producirse humedades en paredes por condensación.

Los materiales empleados son con frecuencia: Lanas de roca insuflada, EPS insuflado (recomendado para cámaras de aire finas e irregulares, como sería el caso del bloque estudiado, dado que dispone de 1 [cm] libre de aislamiento que poder rellenar) o Celulosa insuflada.

Otro de los inconvenientes de este aislamiento es la no eliminación de puentes térmicos.

Adición de capa aislante por el interior de la fachada.

Método ideal cuando se pretende no modificar el exterior de la fachada y no se dispone de cámara de aire. Este tipo de mejora va orientado a edificios cuyas fachadas han sido catalogadas como patrimonio histórico.

Este método consiste básicamente en colocar el aislamiento directamente contra la cara interior de la fachada. Se encuentran dos sistemas de trasdosado por el interior.

Trasdosado directo. Aplica aislamiento sobre base de apoyo que garantice estabilidad.

Emplea fijaciones mecánicas. Sobre el aislamiento se coloca yeso laminado que se pintará para darle el acabado final.

Trasdosado auto portante. El aislamiento se coloca sujetado por la estructura auxiliar, esta puede ser de madera o de metal. El aislante quedará situado entre la propia pared y los paneles de yeso. Aunque en estos casos es recomendable situar una barrera de vapor entre el yeso y el aislamiento. En climas propensos a la aparición de humedades, esto es imprescindible.

En este tipo de modificación, no quedan resueltos los problemas de los puentes térmicos y como resulta obvio, se reduce la superficie útil de vivienda, en función del espesor de la capa de aislante. Estos cerramientos, pueden emplear como materiales aislantes: Paneles semirrígidos de lana de roca, Poliuretano expandido (EPS), Poliuretano extrusionado (XPS) o Poliuretano (generalmente proyectado, pero también en paneles).



5.1.2. Aislar fachadas por el exterior.

El sistema de aislamiento térmico exterior de fachadas consiste en la aplicación de un revestimiento aislante sobre la capa externa de fachada, empleando adhesivos o mediante fijaciones mecánicas. Este es el método más eficaz para aislar térmicamente la fachada de un edificio. Tiene un periodo de amortización de unos diez años y se le estima una vida útil de 50 años con finalidad de calcular su amortización.

En este caso, se consigue eliminar los puentes térmicos y la condensación interior. Tras realizar la obra, no se pierde espacio en viviendas, ni conlleva trabajos en el interior. Protege la fachada ante choques térmicos y agresiones climáticas.

En este tipo de aislamientos, se encuentran distintas posibilidades.

Aislamiento térmico exterior con fachada ventilada.

Se procede a la instalar sobre la pared una capa de aislamiento mediante estructura metálica, generalmente aluminio. El aislante es generalmente de lana mineral. La estructura metálica soportará cargas de peso propio, el peso del aislamiento y las hojas de protección, colocadas en la parte exterior. Entre estas hojas de protección y el aislante, se deja unos centímetros de separación por donde circulará el aire por convección. Este es un sistema muy eficaz. Como principal inconveniente destaca su precio, este es muy elevado, por otra parte, el espesor de la fachada aumenta de un modo mayor que en otros métodos y esto puede considerarse un inconveniente también.

Existen gran diversidad de opciones a la hora de llevar a cabo el aislamiento de una vivienda mediante este método. La elección de los espesores del aislamiento, la estructura que soportará las cargas y el acabado de las placas exteriores. Todos los componentes están sujetos a distintas marcas comerciales, materiales y variaciones. Para tener en cuenta el precio de la implantación de esta medida, se elegirá un espesor de aislante de 12 centímetros. La naturaleza de las placas y los soportes será indiferente.

Sistema de aislamiento SATE.

Este tipo de aislamiento emplea materiales adhesivos y fijaciones mecánicas para garantizar la estabilidad de las capas de las que se compone. El aislante, irá protegido con un revestimiento construido por capas de mortero entre las que se dispone de una malla de refuerzo. En comparación con fachada ventilada, este método supone una instalación más sencilla, lo que conlleva unos costes menores. Se recomiendan las revisiones cada cinco años, pero se afirma que puede llegar a tener una vida útil igual que el edificio. Los mantenimientos más comunes suelen ser estéticos. Modifica en menor medida el aspecto de la fachada, dado que no necesita instalar cámara de aire.



Si se hiciese una comparación entre los dos métodos de aislamiento exterior, se puede afirmar que la cámara de aire del sistema de fachada ventilada funciona mejor, pero el sistema SATE es más barato y sencillo de instalar. Los mantenimientos son similares. En este caso se llevará a cabo un estudio en el que se comparará un aislamiento SATE con un aislamiento mediante fachada ventilada en el edificio. Los resultados obtenidos serán determinantes a la hora de elegir el aislamiento definitivo a implementar. Pese a esto, si se consulta opiniones de personal dedicado a la realización de este tipo de obras, estos afirman que, en la ciudad de Burgos, no serán especialmente determinantes las ventajas de la cámara de aire. El bloque se encuentra en un clima relativamente frío, donde las ventajas en días de calor que presenta la fachada ventilada no se aprovecharán. Por esto, puede ser más eficaz elegir una fachada SATE y evitar el sobre coste de una fachada ventilada. Así mismo, las fachadas ventiladas son muy delicadas y deben realizarse con especial cuidado. Si esto no se hace, podrían no taparse bien los puentes térmicos y no ser realmente efectiva. Su cámara de aire podría no contar con las aberturas adecuadas, tener cableado o algún tipo de instalación en la cámara de aire obstruyendo el paso del aire y esto haría que no se note en exceso sus ventajas en los días de calor.

5.1.3. Aislamiento térmico en cubiertas.

Aparece la opción de aislar las cubiertas del edificio, Estas suelen ser la zona por la que mayor cantidad de calor se pierde, después de las fachadas. Para reducir el consumo de energía y la cantidad de calor perdida al ambiente, esta puede ser también una medida interesante.

Esta medida consistiría en levantar las tejas y colocar una estructura auto portante, esta albergará en su interior el aislante. Tras esto, se coloca una nueva capa sobre la que fijar las tejas. Otra opción en el caso del bloque estudiado, sería la de rellenar la partición de cubiertas con nuevo aislante.

En este caso, a ojos del técnico responsable del estudio, llevar a cabo modificación de fachada será una medida suficiente como para animar a los propietarios a invertir en un nuevo aislamiento, dado que no será una medida tan significativa y supondría un sobre coste excesivo.

Tras conocer en que se caracteriza cada una de estas medidas, se puede observar cuales de ellas serán las más apropiadas para lo que se está buscando en este proyecto. Para garantizar que se tome la solución más apropiada, el procedimiento a seguir sería proponer las opciones de aislamiento como conjuntos de medidas de mejora independientes, para pasar a evaluar las ventajas y presupuesto de cada uno de ellos.



5.2. Medidas de mejora definidas por el usuario.

En este grupo de medidas, podrían tener cabida mejoras muy concretas de aislamiento térmico, tratando de mejorar las propuestas por el programa. Sería conveniente proponer una solución completa, con un estudio de precios ligeramente detallado. Con esto se puede pasar a elegir como mejor opción a implementar, la medida que obtenga los mejores valores relación: reducción de demanda energética - precio.

Llegado a este punto, se propone el no uso de las distintas medidas definidas por defecto según el programa, se considera a estas insuficientemente justificadas y sin la suficiente variedad y con un rango de actuación limitado.

Por ejemplo, el estudio acerca de cuál puede ser la mejor medida para el aislamiento térmico el edificio se ha llevado a cabo y se ha terminado determinando que la mejor opción será llevar a cabo un aislamiento mediante sistema SATE de marca comercial Rockwool. Se rechazan por tanto todas las medidas aportadas por el programa, dado que son medidas definidas con parámetros genéricos, que a su vez no tienen en cuenta el coste de las mejoras. Del mismo modo, tampoco se puede saber si son realmente medidas que se puedan llevar a cabo, dado que el programa cuenta con una librería de datos genérica y puede que no se encuentren en el mercado equipos con las características que este propone. Estas medidas por defecto, están orientadas para dar a conocer al cliente de una certificación energética las opciones de las que dispone para mejorar la eficiencia de su vivienda, oficina o empresa y para mostrar de un modo detallado los beneficios que puede obtener a la hora de realizar ciertas mejoras. De este modo, con la intención de desarrollar el estudio del modo más completo posible, se emplearán únicamente medidas de mejora definidas por el usuario.

Serán muy diversas las tecnologías encargadas de abastecer a los distintos tipos de energía del bloque de viviendas. En algunos casos, a la hora de realizar la simulación, alguna de estas tecnologías o soluciones podrá abastecer total o parcialmente a otras, como podría ser: Paneles solares que alimenten bombas de calor para la producción de calefacción en invierno (aporte parcial de energía). Paneles solares que alimenten bombas de calor para refrigeración en verano (aporte total de energía). Sistema de cogeneración que proporcione energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de bombas de calor que generarán calor conjuntamente con la turbina, que producirá calor mediante el aprovechamiento de la temperatura de sus humos y del calor perdido por su carcasa.



UNIVERSIDAD
DE BURGOS

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTUDIO SOBRE HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS TÉRMICAS
Y ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES PARA MINIMIZAR
LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA**



Todas estas medidas de mejora se justificarán apropiadamente y se desarrollarán en los apartados “7.2. *Opciones para satisfacer la demanda energética*” y “8.1. *Elección del aislamiento térmico*” de este estudio.



6. CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA.

Para poder definir las instalaciones correctamente, es necesario conocer la potencia que deben suministrar los equipos empleados para el aporte energético en las viviendas. Por esto, se calculará la demanda energética de la vivienda para poder mantener esta en las condiciones de habitabilidad fijadas en el documento DB HE.

Según se dice en el punto cuatro de la sección HE 0, Limitación del consumo energético:

“El consumo energético de los servicios de calefacción, se obtendrá considerando las condiciones operacionales, datos previos y procedimientos de cálculo de la demanda energética establecidos en este documento (Sección HE 1).”

Procedimientos para el consumo energético:

El procedimiento de cálculo debe permitir desglosar el consumo energético de energía final en función del vector energético utilizado para satisfacer la demanda energética de cada uno de los servicios de calefacción y ACS.

El consumo energético del servicio de agua caliente sanitaria (ACS), se obtendrá considerando la demanda energética resultante de la aplicación de la sección HE 4.

El cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria ya se ha llevado a cabo en este estudio, en el apartado 4.1.1., siempre de acuerdo a lo indicado en la sección HE 4 del DB HE Ahorro de energía.

Los procedimientos de cálculo del consumo energético deben tener las siguientes características:

A continuación, se cita el punto 5.1. Características de los procedimientos de cálculo del consumo energético, recogido en la sección HE 0 del documento citado anteriormente:

“Características Generales.

Cualquier procedimiento de cálculo debe considerar, bien de forma detallada o bien de forma simplificada lo siguiente:

La demanda energética necesaria para los servicios de calefacción y refrigeración, según el procedimiento establecido en la sección HE1 de este documento.

La demanda energética necesaria para el servicio de agua caliente sanitaria.



En usos distintos al residencial privado, la demanda necesaria de iluminación.

El dimensionado y los rendimientos de los equipos y sistemas de producción de frío y de calor, ACS e iluminación.

El empleo de distintas fuentes de energía, sean generadas in situ o remotamente.

Los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.

La contribución de energías renovable producidas in situ o en las proximidades de la parcela.”

Del punto “5.2.1 Envolvente térmica del edificio” del mismo documento, se obtiene la siguiente información:

“La envolvente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio, y por todas las particiones interiores que delimitan los espacios habitables con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior.

La envolvente térmica podrá incorporar, a criterio del proyectista, espacios no habitables adyacentes a espacios habitables.”

Una vez justificadas todas las condiciones que deberá cumplir el procedimiento necesario para realizar el cálculo de la demanda energética se pasa a desarrollar el procedimiento empleado durante este estudio.

6.1. Cálculo de pérdidas por conducción.

Si se observan los informes proporcionados por el programa CE3X, se pueden conocer los valores de la transmitancia térmica de cada uno de los componentes de la envolvente térmica del edificio. En el primer informe presentado, se pueden observar claramente los valores de transmitancia que presenta el edificio en la situación actual. En este caso, se empleará la transmitancia térmica ofrecida por el cerramiento elegido como parte de la solución final. Este, será un cerramiento SATE y sus valores de transmitancia se pueden observar en el primer informe proporcionado por CE3X adjunto a este proyecto, donde también se pueden ver los estos mismos datos para la opción en la que se elige una fachada ventilada.



Estos valores de transmitancia, van ligados a cada una de las particiones definidas durante todo el proceso seguido durante la modelización del bloque en el programa.

La elección de las temperaturas a las que se hará el cálculo de la transferencia de calor viene impuesta por distintas normas. En primer lugar, se ha fijado una temperatura interior de las viviendas de 21 [°C], esta obtiene de los valores del RITE, donde se especifica que en invierno la temperatura interior de la vivienda debe estar entre 21 [°C] y 23 [°C]. Pese a esto, tras consultar el Real Decreto 178/2021, en el aparen modificaciones del RITE, se ha visto que una de estas modificaciones será la consideración de temperatura interior de viviendas a efectos de cálculo de calefacción de 21 [°C] durante los meses de invierno.

Por su parte, la elección de la temperatura exterior, se ha determinado mediante un procedimiento distinto. Para que la instalación quede dimensionada correctamente, se considerará que esta debe ser capaz de suministrar al menos el 95 % de la energía necesaria del día más frío del año, sin tener en cuenta las cargas térmicas que apoyan a la caldera como pueden ser la irradiancia solar o la carga de ocupación de la vivienda. Se sigue este procedimiento, dado que, cabe la posibilidad de que la vivienda se encuentre vacía en ese momento, así como que dicha temperatura se alcance durante la noche, de modo que la carga de la irradiancia solar sería nula.

De este modo, para cumplir con dicha exigencia, se tomará la temperatura con el percentil 95, lo que supone que el 95% de los días, las temperaturas serán superiores a esta (o percentil 5 %, según se interprete este dato, por esto, siempre se aclarará el modo en el que se interpreta las próximas veces que se haga referencia a datos de este tipo). Dicha temperatura se ha obtenido del libro: “*Condiciones de diseño de ATECYR para cálculo de instalaciones de calefacción*”.



A continuación, se muestra la tabla obtenida de este mismo libro, en la que se recogen cada una de las temperaturas con sus percentiles en la ciudad de Burgos:

IN. S	FR. AC								
-9,5	0,09	0,5	11,36	10,5	61,30	20,5	91,76	30,5	99,60
-9,0	0,10	1,0	13,30	11,0	63,39	21,0	92,39	31,0	99,69
-8,5	0,14	1,5	15,86	11,5	65,97	21,5	93,19	31,5	99,80
-8,0	0,17	2,0	17,78	12,0	67,78	22,0	93,73	32,0	99,86
-7,5	0,22	2,5	20,47	12,5	70,30	22,5	94,40	32,5	99,91
-7,0	0,29	3,0	22,63	13,0	72,01	23,0	94,85	33,0	99,93
-6,5	0,40	3,5	25,39	13,5	74,22	23,5	95,48	33,5	99,97
-6,0	0,55	4,0	27,53	14,0	75,87	24,0	95,88	34,0	99,98
-5,5	0,75	4,5	30,41	14,5	77,86	24,5	96,42	34,5	99,99
-5,0	0,96	5,0	32,77	15,0	79,30	25,0	96,82	35,0	100,00
-4,5	1,23	5,5	36,13	15,5	81,07	25,5	97,25	35,5	100,00
-4,0	1,55	6,0	38,36	16,0	82,31	26,0	97,58	36,0	100,00
-3,5	2,05	6,5	41,63	16,5	83,73	26,5	97,95	36,5	100,00
-3,0	2,60	7,0	43,91	17,0	84,85	27,0	98,19	37,0	100,00
-2,5	3,30	7,5	46,84	17,5	86,18	27,5	98,45	37,5	100,00
-2,0	4,00	8,0	48,81	18,0	87,05	28,0	98,67	38,0	100,00
-1,5	5,15	8,5	51,61	18,5	88,36	28,5	98,93	38,5	100,00
-1,0	6,15	9,0	53,73	19,0	89,10	29,0	99,09	39,0	100,00
-0,5	7,47	9,5	56,61	19,5	90,08	29,5	99,30	39,5	100,00
0,0	8,98	10,0	58,75	20,0	90,86	30,0	99,45	40,0	100,00

Tabla 13: Tabla obtenida del libro “Condiciones de diseño de ATECYR para cálculo de instalaciones de calefacción” donde se muestran los percentiles de las temperaturas en la ciudad de Burgos.

En la imagen anterior se pueden ver las frecuencias de temperaturas, en intervalos de 0,5 [°C], de cada mes, de los meses de invierno y de todo el año. La columna denominada como “FR. AC” será en la que se muestre el porcentaje de los días en los que se encuentran temperaturas inferiores a la que aparece en la columna denominada como “IN. S”. De este modo, si se supone una relación lineal entre las temperaturas del valor de percentil 5,15 % y el de 4 %.

Partiendo de la base del principio de semejanza de triángulos, aplicada a el plano en el que la variable independiente corresponde con el percentil y la variable dependiente con la temperatura, se está afirmando lo siguiente:

$$\frac{y - y_0}{x - x_0} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$



Donde:

$$x_0 = 4\% \quad ; \quad y_0 = -2,0 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$x_1 = 5,15\% \quad ; \quad y_1 = -1,5 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$x = 5\%$$

Si se despeja la variable necesaria de la ecuación y se sustituye, se obtiene lo siguiente:

$$y = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \cdot (x - x_0) + y_0$$

$$y = \frac{(-1,5) - (-2,0)}{5,15 - 4} \cdot (5 - 4) + (-2) = \frac{0,5}{1,15} - 2$$

$$y = -1,565 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Tras este cálculo, queda definido el valor de la temperatura en el exterior para las condiciones en las que solo un 5 % del tiempo se podrán encontrar temperaturas inferiores a la propuesta. Por tanto, el valor de temperatura ambiente en el cálculo de la demanda será de -1,565 [°C].

Es importante matizar que, en los locales comerciales no habrá la misma temperatura que en la calle, pese a que estos sean recintos no habitables sin climatizar. Por este motivo, se fijará la temperatura de estos locales en un valor ligeramente superior que el del exterior. Lo más apropiado sería realizar la medición de la temperatura en uno de estos locales durante un día frío y emplearla a la hora de realizar los cálculos. En este caso esto no es posible, de modo que se efectuará una estimación. Se puede considerar que la temperatura de estos locales será de 8 [°C] durante el día en el que la temperatura exterior sea de -1,56 [°C]. De todos modos, esta temperatura no afectará prácticamente al resultado, por ser una zona muy pequeña de la envolvente del edificio.

Una vez definidos todos estos datos, es momento de explicar el procedimiento seguido para calcular la pérdida de energía por la envolvente del edificio:

Se crea una tabla Excel en la que se recoja el nombre de cada uno de los componentes de la envolvente, se especifique su superficie [m²] y su transmitancia térmica [W/m²·K]. Para poder conocer la pérdida de calor es imprescindible el salto térmico entre temperatura exterior e interior. Tras reunir todos los datos, se procede a calcular la cantidad de calor que se pierde por cada una de las componentes mediante el producto de los datos especificados de la envolvente. Tras esto, se efectúa el sumatorio de cada



una de estas cargas. Con este procedimiento, se estará empleando una suposición simplificada, en la que no se tendrá en cuenta la transmisión de calor por radiación.

Por todo lo explicado anteriormente, el cálculo de la pérdida de calor por conducción a través de la envolvente térmica del bloque se puede resumir mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta\dot{Q}_{cond} = \Sigma(SUP_i \cdot U_i \cdot \Delta T_{in-ex_i})$$

Donde: $\Delta T_{in-ex_i} = T_{int} - T_{ext}$

- $\Delta\dot{Q}_{cond}$: Pérdida de calor por conducción [KW].
- SUP_i : Superficie de cada elemento de la envolvente térmica [m²].
- U_i : Valor de la transmitancia térmica de cada elemento de la envolvente [W/m²·K].
- ΔT_{in-ex_i} : Salto térmico [K].
- T_{int} : Temperatura en el interior de la vivienda [°C].
- T_{ext} : Temperatura en el exterior de la vivienda [°C].

Tras realizar estos cálculos, se puede afirmar que la cantidad de calor perdida por conducción será de **353,8 [KW]**.



A continuación, se muestra la tabla con los datos empleados para este cálculo:

	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² *K]	Salto térmico	Potencia [W]
Fachada amarilla 1	855,000	0,190	22,5	3655,125
Fachada amarilla 2	351,200	0,190	22,5	1501,38
Fachada amarilla 3	99,140	0,190	22,5	423,8235
Fachada amarilla 4	442,340	0,190	22,5	1891,0035
Fachada amarilla 5	942,500	0,190	22,5	4029,1875
Fachada amarilla 6	446,480	0,190	22,5	1908,702
Fachada amarilla 7	40,240	0,190	22,5	172,026
Fachada amarilla 8	356,960	0,190	22,5	1526,004
Fachada verde 1	1012,400	0,190	22,5	4328,01
Fachada verde 2	380,930	0,190	22,5	1628,47575
Fachada verde 3	145,300	0,190	22,5	621,1575
Fachada verde 4	316,140	0,190	22,5	1351,4985
Fachada verde 5	587,284	0,190	22,5	2510,6391
Fachada verde 6	312,670	0,190	22,5	1336,66425
Fachada verde 7	66,690	0,190	22,5	285,09975
Fachada verde 8	378,140	0,190	22,5	1616,5485
Fachada blanca 1	699,565	0,190	22,5	2990,640375
Fachada blanca 2	281,954	0,190	22,5	1205,35335
Fachada blanca 3	39,960	0,190	22,5	170,829
Fachada blanca 4	286,970	0,190	22,5	1226,79675
Fachada blanca 5	587,590	0,190	22,5	2511,94725
Fachada blanca 6	376,350	0,190	22,5	1608,89625
Fachada blanca 7	56,520	0,190	22,5	241,623
Fachada blanca 8	282,560	0,190	22,5	1207,944
Terraza áticos	1021,400	0,500	22,5	11490,75
Suelo en voladizo	416,784	0,460	22,5	4313,7144
Planta 1 - Locales	1196,316	1,200	13	18662,5296
Suelo planta baja con garaje	2018,089	0,440	13	11543,46908
Cubiertas inclinadas- Ático	2042,850	0,490	22,5	22522,42125
Cubiertas planas	429,360	0,490	22,5	4733,694
Techos Voladizo	399,918	0,510	22,5	4589,05905
Planta 0 - Locales	314,750	0,530	13	2168,6275
V1	816,000	3,440	22,5	63158,4
V2	838,800	3,440	22,5	64923,12
V3	205,190	3,440	22,5	15881,706
V4	188,000	3,440	22,5	14551,2
PV5	118,000	3,440	22,5	9133,2
V6	20,160	3,440	22,5	1560,384
V7	61,200	3,440	22,5	4736,88
PV8	40,000	3,440	22,5	3096
V9	10,800	3,440	22,5	835,92
V10	80,000	3,440	22,5	6192
PV11	9,000	3,440	22,5	696,6
V12	27,000	3,440	22,5	2089,8
PV13	50,952	3,440	22,5	3943,6848
PV14	92,640	3,440	22,5	7170,336
PV15	90,710	3,440	22,5	7020,954
V16	15,360	3,440	22,5	1188,864
PV17	16,984	3,440	22,5	1314,5616
V18	6,000	5,360	22,5	723,6
V19	22,800	3,440	22,5	1764,72
V20	85,800	5,360	22,5	10347,48
V21	18,300	5,360	22,5	2206,98
V22	69,720	5,360	22,5	8408,232
V23	8,960	5,360	22,5	1080,576
V24	0,000	0,000	22,5	0
PV25	22,960	3,440	22,5	1777,104
Potencia requerida Calefacción [KW]			353,7759421	

Tabla 14: Tabla de Excel en la que se introducen los datos de cada uno de los cerramientos, con la transmitancia térmica de la fachada tras colocarla el aislamiento para la obtención de la demanda de calefacción necesaria para mantener la temperatura de 21[°C] en el interior de la vivienda considerando las pérdidas por convección cuando en la calle hay una temperatura de -1,7 [°C].



Como se ve en la tabla, los nuevos valores de transmitancia térmica de las fachadas son de $0.19 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$, estos son buenos valores, dado que de este modo se conseguirá reducir bastante la demanda de calefacción. Este valor está tabulado con un valor máximo según la DB HE Ahorro de Energía y recogido en su apartado HE 1 (donde se muestran las Condiciones para el control de la demanda energética) en el punto “3.1. Condiciones de la envolvente térmica”. En este punto del documento, se recogen los valores de la transmitancia térmica máximos de cada elemento de la envolvente térmica. Hay que matizar que estos valores serán solo exigibles a los elementos de la envolvente térmica que hayan sido sustituidos o que hayan sido objeto de modificación. Una vez presentada toda esta información, se pasa a mostrar la tabla en la que se recogen dichos valores, para corroborar que la modificación realizada en la fachada cumple con las exigencias establecidas en el documento citado.

Tabla con valores mínimos de transmitancia térmica en elementos de la envolvente térmica del edificio:

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_S, U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_C)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%				5,7		

Tabla 15. Tabla 3.1.1.a – HE1 en la que se muestran los valores límite de transmitancia térmica, $U_{lim} \text{ [W/m}^2\text{K]}$ obtenida de la DB HE Ahorro de Energía.

Según la información de esta tabla, la transmitancia térmica máxima para las fachadas del bloque, que se vean afectadas por la rehabilitación mediante sistema SATE, será de 0.37. Se emplea ese valor dado que la ciudad de Burgos, como ya se ha explicado con anterioridad en este estudio, presenta una zona climática E. De este modo, según se ha indicado anteriormente, la transmitancia tras la intervención será de 0.19, de modo que se cumplirá holgadamente con esta imposición.



Una vez obtenido el valor que determina la pérdida de calor en el interior del bloque a causa de la energía que se disipa hacia el ambiente a través de las paredes mediante conducción, se realizará la última suposición: dicho valor será el que se requiera aportar en los dispositivos de emisión (radiadores en el caso del bloque, dado que no cuenta con suelo radiante ni ningún otro aparato de aporte térmico y se empleará la instalación disponible para minimizar costes) para mantener las condiciones de confort en el interior de la vivienda fijadas por el RITE. Para que dicha potencia se pueda aportar en las viviendas, habrá que enviar agua caliente hasta la posición en la que se encuentran las calderas en cada vivienda actualmente. Esto es importante dado que se empleará la red existente en la vivienda. Por esto, será necesario considerar las pérdidas de calor durante el transporte de esta agua desde la instalación de calderas o caldera centralizada hasta dicho punto. Para el cálculo de estas pérdidas, hay que definir de qué modo se realizará la distribución de tuberías que conecte dichos puntos. Esto se define en el siguiente apartado, donde también se calcularán dichas pérdidas.

6.2. Cálculo de pérdidas por ventilación.

En este caso, se considerarán las pérdidas producidas en el bloque debidas a la ventilación del mismo. Esta ventilación quedó definida en el apartado 4.1.1. *Datos generales y definición del edificio* de este mismo estudio, en la parte relativa a definición del edificio. En ese apartado, se afirmaba que la ventilación del inmueble sería de 0,63 [ren/h]. Este dato se ha obtenido de la “*Orden FOM-1635-2013 - Nota informativa sobre la aplicación de herramientas informáticas*”. En este documento, en su última página aparece lo siguiente:

“Condiciones técnicas para la aplicación de las herramientas oficiales en la verificación de las exigencias del DB-HE son:

1. *Para edificios de uso residencial privado:*

- *La zona climática...*
- *Si ni se definesen en el proyecto...*
- *La tasa de ventilación se ajusta por defecto a un valor de **0,63 renovaciones/hora**, en el que se ha tenido en cuenta el uso de los edificios de tipo residencial privado mediante un perfil estandarizado.”*

De este modo queda justificada la elección del valor de la ventilación del inmueble. Se ha optado por este método, dado que calcular mediante métodos estandarizados la ventilación de cada una de las 217 viviendas sería una tarea demasiado larga para la importancia que va a tener finalmente sobre el conjunto final del estudio. Con este valor, quedarían consideradas las pérdidas de aire del edificio por los conductos de ventilación de baños y cocinas, las



filtraciones por las ventanas, así como las pérdidas de aire caliente producidas durante la ventilación al abrir las ventanas.

La consideración tomada para calcular el calor perdido será la siguiente:

Se considerará que el aire que salga del bloque lo hará a las condiciones determinadas en el apartado anterior, donde se definía la temperatura interior del inmueble en 21 [°C] y la temperatura exterior se fijaba en -1,5 [°C]. De este modo, si el aire sale del bloque a temperatura de confort, será remplazado por aire a temperatura exterior que habrá que calentar cuando entre en las viviendas, para suplir la cantidad de energía perdida en el aire expulsado. Por esto, si se calcula el volumen del edificio, se puede calcular el flujo de aire en [kg/s] si se emplea el valor de la densidad. Conocido el flujo de aire frío que entra en el bloque, queda patente la necesidad de elevar la temperatura de este aire hasta la temperatura de confort para que esta permanezca constante en 21 [°C]. Dicha energía se puede conocer con el valor del calor específico del aire y conociendo el valor de la temperatura que se pretende elevar al aire. Se tomarán como valores de densidad del aire y calor específico la interpolación entre los valores que presenten entre las temperaturas de 21 [°C] y -1,5 [°C]. Estos valores se obtendrán de las tablas de propiedades del aire a 1 [atm] de presión.

Esta explicación se puede resumir mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta\dot{Q}_{Vent} = \frac{T \cdot V}{3600 \left[\frac{s}{h}\right]} \cdot V_{Bloque} \cdot \rho_{Air} \cdot C_{p_{Air}}$$

Donde: $V_{Bloque} = S_{util_{Habitable}} \cdot H_0$

- $\Delta\dot{Q}_{vent}$: Pérdida de calor debida a la ventilación [KW].
- $T \cdot V$: Tasa de ventilación del inmueble, en este caso 0,63 [ren/h].
- V_{Bloque} : Volumen del bloque de viviendas [m³].
- $S_{util_{Habitable}}$: Superficie útil habitable total del bloque [m²] (Esta ya se ha calculado de modo preciso en el apartado 4.1.2. de este mismo estudio: 22393,906 [m²]).
- H_0 : Altura de planta entre forjados, en este caso: 2,6 [m].
- ρ_{Air} : Densidad del aire entre -1,5 [°C] y 21 [°C]. En este caso 1,248 [kg/m³].
- $C_{p_{Air}}$: Calor específico del aire entre -1,5 [°C] y 21 [°C]. En este caso 1006.5 [J/kg·K].



De esta expresión se obtiene el valor del calor perdido a través del aire que se cede al ambiente, lo que será igual que el calor necesario para climatizar el aire que renueva las viviendas. Esta energía que se debe suministrar es de **287.97 [kW]**.

A continuación, se muestran los datos empleados para este cálculo:

Cálculo de la demanda por pérdidas de ventilación	
Renovaciones [ren/s]	0,000175
Altura de planta [m]	2,6
Superficie Útil [m ²]	22.394
Denidad [kg/m ³]	1,248
C _p [KJ/kg*K]	1,0065
Salto térmico [K]	22,5
Pérdidas producidas por la ventilación del inmueble [KW]:	287,9732384

Tabla 16: Cálculo en Excel de la demanda energética del edificio por pérdidas de ventilación, siguiendo la fórmula explicada para tal efecto. En esta imagen se pueden ver los valores empleados para el cálculo.

Para proporcionar esta energía en cada una de las viviendas, se empleará el mismo método descrito en el apartado anterior. Se utilizará la propia red de calefacción de las viviendas para calentar el aire. De este modo, a la hora de definir la instalación de calefacción, también habrá que tener en cuenta esta potencia.

6.3. Cálculo de demanda energética de ACS.

En este apartado, se determinará la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura del agua de red hasta la temperatura fijada en el Anejo F del Documento Básico HE de Ahorro de Energía, donde se pondera el gasto de agua caliente sanitaria como: 28 litros por persona y día de agua a 60 [°C].

Para realizar este cálculo es necesario conocer la temperatura del agua de red en la ciudad de Burgos. Esta, tiene que corresponderse con la temperatura del mes más frío, dado que la instalación definida para generar el agua caliente sanitaria debe ser capaz de abastecer la demanda durante todo el año. Del mismo modo que ocurría a la hora de calcular las pérdidas de calefacción, se tratará de dimensionar la instalación para soportar las condiciones más desfavorables.

En el apartado 4.1.1. *Datos generales y definición del edificio* de este mismo estudio se calcula la demanda de agua caliente sanitaria, en él se explica cómo, considerando que se emplearán instalaciones de producción de ACS centralizadas, la demanda se fija en 15562,2 litros de agua caliente sanitaria al día. Esta cantidad es muy elevada, de modo que la primera



decisión que se realizará a cerca de esta instalación será que se lleve a cabo mediante acumulación. Este tipo de sistema puede permitir que el funcionamiento de las instalaciones sea mucho más continuo que en los sistemas de producción instantánea. Del mismo modo, si la producción se reparte a lo largo del día, no será necesario que los equipos soporten toda la demanda de las horas puntas de uso, de modo que la potencia necesaria en la producción de agua caliente puede ser menor. Para diseñar la instalación de acumulación correctamente, esta debe ser capaz de atender la demanda punta con el agua almacenada. Todo esto se tendrá en cuenta a la hora de elegir los equipos que conformarán la instalación de ACS.

El procedimiento seguido para calcular la demanda de energía en este caso ha sido el siguiente:

Se ha partido del dato de demanda de ACS calculado para el bloque en cuestión. Con este dato se conoce la cantidad de agua a la que se quiere elevar de temperatura desde los 5 [°C] que marca la Guía técnica de agua caliente sanitaria central en su Tabla 07 como temperatura del agua de la red en Burgos en el mes de enero (Obtenida de la norma UNE 94-002/95), hasta la temperatura de 60 [°C] fijada por la DB HE. Para conseguir la energía necesaria será suficiente con conocer la densidad del agua a una temperatura media entre las dos citadas y el calor específico del agua.

Con esto, quedará completamente definida la energía requerida para calentar el agua necesaria, pero para que el proceso se complete, es necesario establecer cuanto tiempo se pretende aproximadamente tener en funcionamiento la instalación para poder producir esa cantidad de agua. De este modo, se darán varios valores, uno para 12 horas de funcionamiento de la instalación y otro para 16 horas.

De este modo, la ecuación resultante será la siguiente:

$$\Delta\dot{Q}_{ACS} = D_{ACS} \cdot \rho_{H_2O} \cdot C_{p_{H_2O}} \cdot \Delta T_{r-A} * k$$

Donde: $\Delta T_{r-A} = T_{red} - T_{ACS}$

- $\Delta\dot{Q}_{ACS}$: Calor necesario para satisfacer demanda de ACS
- D_{ACS} : Demanda del agua caliente sanitaria [m³/día].
- ρ_{H_2O} : Densidad del agua entre temperaturas de 5 [°C] y 60 [°C] en este caso 991,565 [kg/m³].
- $C_{p_{H_2O}}$: Calor específico del agua entre temperaturas de 5 [°C] y 60 [°C] en este caso 4.18 [kJ/kg·K].
- k : Factor de corrección con el que se tendrán en cuenta las horas de funcionamiento de la instalación.
- ΔT_{r-A} : Grados que es necesario calentar el agua de red.
- T_{red} : Temperatura del agua de red de la ciudad de Burgos en mes de Enero [°C].



- T_{ACS} : Temperatura tabulada para la distribución del ACS [°C].

Siguiendo el procedimiento indicado, a continuación, se muestran las tablas donde se han calculado las cantidades de energía necesarias para la producción de ACS, teniendo en cuenta los distintos tiempos de funcionamiento de la caldera.

Cálculo de la demanda cuando la caldera funciona durante 12 horas:

Producción ACS (12 horas).	
Demanda [m ³ /día]	15,5624
Densidad Agua [kg/m ³]	991,565
Salto térmico	55
C _p [kJ/kg*K]	4,18
Tiempo de funcionamiento [segundos/día]	43200
Potencia requerida ACS [KW]	82,120765

Tabla 17: Tabla en la que se calcula y se muestran los datos necesarios para conocer la energía instantánea que se debe producir para obtener la cantidad de agua caliente sanitaria necesaria para abastecer la demanda del bloque diaria durante un funcionamiento de caldera de 12 horas.

Cálculo de la demanda cuando la caldera funciona durante 16 horas:

Producción ACS (16 horas).	
Demanda [m ³ /día]	15,5624
Densidad Agua [kg/m ³]	991,565
Salto térmico	55
C _p [kJ/kg*K]	4,18
Tiempo de funcionamiento [segundos/día]	57600
Potencia requerida ACS [KW]	61,590574

Tabla 18: Tabla en la que se calcula y se muestran los datos necesarios para conocer la energía instantánea que se debe producir para obtener la cantidad de agua caliente sanitaria necesaria para abastecer la demanda del bloque diaria durante un funcionamiento de caldera de 16 horas.

Viendo que la demanda necesaria no cambia demasiado en los dos supuestos de funcionamiento planteados, se pasará a dimensionar la instalación empleando el dato más desfavorable, por motivos de confort de los usuarios. Las doce horas propuestas son suficientes como para que la instalación sea capaz de rellenar los depósitos de acumulación si funciona durante las noches y entre las horas puntas, se garantiza continuidad en el suministro de agua,



UNIVERSIDAD
DE BURGOS

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTUDIO SOBRE HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS TÉRMICAS
Y ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES PARA MINIMIZAR
LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA**



sin necesidad de instalar equipos demasiado sobredimensionados y obligarlos por tanto a funcionar en zonas en las que sus rendimientos no son los adecuados.



7. DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIONES

En este apartado se recopilarán los valores obtenidos en el apartado anterior, para conocer el dato de la potencia que deben proporcionar cada uno de los equipos elegidos para las tareas de calefacción y producción de ACS. Así mismo, también se definirán las distintas posibilidades que se pueden llevar a cabo, una vez se conoce la demanda que se quiere satisfacer, será posible llevar a cabo la elección de los equipos encargados de la producción de energía. De este modo, todos ellos, posteriormente serán introducidos en el programa CE3X para evaluar el efecto que producen sobre el conjunto del bloque.

Este apartado también será el encargado de recoger los precios de cada una de las opciones propuestas para el conjunto de los componentes necesarios para ejecutar cada una de las instalaciones.

7.1. Cálculo de la potencia necesaria en instalaciones de calefacción y ACS.

Para conocer el valor aproximado, de la potencia que prestarán los equipos que se instalen en el edificio para la producción de calor, pueden aparecer varias opciones. Estas opciones dependen del tipo de instalación que se pretenda realizar.

Se puede contar con una tecnología de producción de calor orientada exclusivamente a la producción de calefacción, mientras se dispone de otra distinta para producir ACS u otro dispositivo basado en la misma tecnología, trabajando de forma independiente. Otro supuesto de funcionamiento sería aquel en el que una misma tecnología encarga de la producción conjunta de ACS y calefacción. Dentro de cada una de estas posibilidades, aparece una infinidad de diseños posibles a la hora de diseñar la red de distribución del fluido caloportador desde su punto de producción hasta el punto de consumo. Pese a esto, una de las mejores opciones podría ser el uso de dos anillos de distribución en planta de garajes, que se encarguen de abastecer cada uno de ellos a una mitad del bloque. Estos anillos abastecerán una serie de depósitos de acumulación situados en el local destinado a instalaciones de cada portal. De estos depósitos, se podrá enviar el fluido térmico hasta cada una de las viviendas. Si se considera que las tuberías de cada uno de los lazos de distribución están adecuadamente aisladas, con la finalidad de aumentar la eficiencia de la instalación y garantizar su correcto funcionamiento, así como las tuberías que abastezcan a las viviendas, podría considerarse que no será necesario sobredimensionar la instalación para poder garantizar la demanda de energía en los supuestos planteados en el punto 6 de este estudio.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se puede pasar a determinar la potencia necesaria atendiendo a dos clasificaciones distintas:



7.1.1. Demanda conjunta de energía térmica.

Para este supuesto, se considerará que un solo conjunto de elementos o un solo equipo será el encargado de producir la energía térmica necesaria para abastecer a todo el bloque.

De este modo, la potencia necesaria para la instalación será la suma de cada una de las tres demandas calculadas durante el apartado 6. Con esta hipótesis, se puede afirmar que la potencia que se requiere será la siguiente:

$$P_{GLOBAL_1} = \Delta\dot{Q}_{cond} + \Delta\dot{Q}_{Vent} + \Delta\dot{Q}_{ACS}$$

Donde:

- P_{GLOBAL_1} : Potencia necesaria para la instalación conjunta de energía térmica expresada en [kW].

En este caso, la potencia necesaria será de:

$$P_{GLOBAL_1} = 353,8[\text{kW}] + 287,97[\text{kW}] + 82,12[\text{kW}] = \mathbf{723,89[\text{kW}]}$$

7.1.2. Demanda independiente de calefacción y ACS.

Para este supuesto, se considerarán como sistemas independientes la producción de calefacción y la producción de ACS. De este modo quedaría cubierta toda la demanda térmica del bloque.

En un diseño que se encargue de trabajar de este modo, se puede emplear una instalación de suministro de energía similar a la del supuesto en el que se trabaje con demanda conjunta de energía térmica. Si esto se lleva a cabo de este modo, el equipo destinado para la producción de ACS trabajará en momentos de menor demanda energética, mientras que el equipo o los equipos de calefacción entrarán en funcionamiento en los momentos en los que se requiera una alta carga térmica para acondicionar cada una de las viviendas, o cuando el equipo de ACS se vea sobrepasado por la demanda. De este modo, en ciertos casos se puede priorizar el uso de tecnologías de menor potencia, pero de mayor rendimiento o que incorporen tecnologías con menores emisiones.

Por todo esto, la potencia del equipo de producción de ACS se fijará del siguiente modo:

$$P_{ACS_2} = \Delta\dot{Q}_{ACS}$$

Donde:

- P_{ACS_2} : Potencia necesaria para cubrir la demanda de ACS exclusivamente [KW].



Del mismo modo, la potencia del equipo de producción de calor para satisfacer la demanda de calefacción se fija como:

$$P_{CALEFAC} = \Delta\dot{Q}_{cond} + \Delta\dot{Q}_{Vent}$$

Donde

- $P_{CALEFAC_2}$: Potencia para cubrir la demanda de calefacción entendida como la potencia necesaria para mantener las condiciones de confort en el interior de cada vivienda [KW].

En este caso, las potencias de cada una de las instalaciones serán las siguientes:

$$P_{CALEFAC_2} = 353,8[\text{kW}] + 287,97[\text{kW}] = \mathbf{641,77 [\text{kW}]}$$

$$P_{ACS_2} = \mathbf{82,12[\text{kW}]}$$

7.2. Opciones para satisfacer la demanda energética.

En este apartado se desarrollará cada uno de los conjuntos de mejora que se pretende implementar en el bloque. Estos conjuntos de mejora, serán definidos conjuntamente en el programa CE3X.

Para esto, se presentarán distintas opciones de mejora. Cada una de ellas utilizará equipos distintos, basados en distintas tecnologías y distintas combinaciones de estas. De este modo, con todos los datos disponibles, se podrá pasar a realizar una comparación entre cada una de las opciones propuestas, evaluando los beneficios de todas ellas.

En este caso, como prácticamente ninguna de las medidas de mejora propuestas mantendrá los equipos de producción energética individuales con los que cuenta cada vivienda en este momento, aparece la necesidad de retirar estos equipos. Según este estudio, las calderas de los propietarios tienen un valor considerable, dado que no tienen más de 17 años, deberían encontrarse en buen estado y podrían permitir su reventa para su uso en otras instalaciones. Del mismo modo, si alguno de estos equipos, por el motivo que sea, no se encuentra en buen estado y no permite su instalación en otra parte, estos equipos siguen teniendo un precio razonable. Se podrían emplear las piezas en buen estado y se podrían vender al peso como chatarra. Por todo esto, se plantea, que la empresa responsable de retirar los equipos lo hará sin cobrar a los propietarios, dado que obtendrá su beneficio al quedarse con los equipos y llevar a cabo alguna de las acciones descritas anteriormente con ellos.



Así mismo, el mantenimiento de estos equipos supone un coste considerable, dado que cada uno de los vecinos tiene que pagar los costes de las inspecciones de su caldera. Estos costes, por norma general no son muy elevados, pero si se tiene en cuenta que se está hablando de 217 calderas distintas, el coste global de mantenimiento supone un precio muy elevado. De este modo, también se plantea en este momento, que, a la hora de introducir las medidas de mejora en el programa, no se tendrá en cuenta en el estudio económico el incremento de precio de mantenimiento de los equipos respecto la situación inicial. En este caso, cabe la posibilidad de que alguna de las medidas planteadas presente un coste de mantenimiento menor del que presenta la situación inicial, o que en su defecto sea ligeramente superior, pero esto no se plasmará en los resultados ni la definición de cada una de las medidas.

A continuación, se muestra cada uno de los conjuntos de mejora, donde se definen las propiedades técnicas de cada elemento y un breve presupuesto que tendrá en cuenta los costes globales de un modo aproximado de cada conjunto de mejora, teniendo en cuenta precios de máquinas, elementos y partidas alzadas para componentes secundarios.

7.2.1. Suministro con equipos de caldera de biomasa.

El uso de este tipo de fuente de energía lleva asociado grandes ventajas. En la actualidad, con las políticas del estado para la reducción de emisiones y las ayudas para promover la transición ecológica, un tipo de tecnología como es el uso de biomasa para la producción de calor en viviendas es una muy buena oportunidad para aprovechar la situación y llevar a cabo su implantación.

Antes de pasar a mostrar las características de una instalación de este tipo y de definir cómo será la implementada para su estudio, resulta interesante mostrar más información acerca de este tipo de calderas y el combustible empleado.

La biomasa es el combustible que aporta energía a estas calderas. Esta proviene de la transformación de energía de la radiación solar en energía química, almacenada en forma de materia orgánica. Como biomasa se puede calificar a toda la materia orgánica susceptible de ser utilizada como fuente de energía. Si se hiciese una clasificación general, se podría dividir en tres grupos.

Biomasa natural. Producida en la naturaleza sin intervención humana.

Biomasa residual. Residuos orgánicos que provienen de la actividad de las personas (RSU).



Biomasa producida. Cultivos energéticos. Campos de cultivo donde se producen especies concretas para su aprovechamiento energético.

Si atendemos a otras calificaciones, podríamos distinguir entre: Biomasa natural (producida por la naturaleza sin intervención humana), Biomasa seca (Subproductos de actividades agrícolas, forestales), Biomasa residual húmeda (Vertidos biodegradables), Cultivos energéticos (Cultivos con finalidad de producir biomasa transformable en combustible), Biocarburantes (Procedentes del reciclado de aceites y transformación de ciertas plantas).

Para la extracción de la energía almacenada en la biomasa, se pueden emplear diversos métodos. En este caso, el equipo empleado, llevará a cabo la combustión del combustible con mucho aire, coeficientes de exceso de aire de en torno al 20 y 40%. La combustión se realizará entre unos 600 y 1300 [°C].

Existen muchos otros métodos, algunos destinados para otros usos y otros prácticamente en desuso. Algunos de estos son los siguientes:

Pirólisis: Descompone la biomasa a altas temperaturas y sin aporte de oxígeno. Produce gases con altas concentraciones de hidrógeno y carbón vegetal.

Gasificación: Existen dos tipos de procedimiento en función del uso del oxígeno al elevar la temperatura de la materia. En definitiva, es un proceso termo-químico en el que la biomasa se transforma en combustibles líquidos (metanol y gasolinas) y gaseosos.

Fermentación alcohólica (fermentación de hidratos de carbono) y fermentación metánica (digestión anaeróbica de biomasa por bacterias). Métodos empleados para la producción de etanol y biogás, respectivamente.

Esta introducción sobre la biomasa, sirve para denotar la cantidad de aplicaciones de este recurso. Cada vez son más las empresas que explotan esta fuente de energía y los sistemas de aprovechamiento del mismo son muy variados. Desde la producción de energía térmica, hasta producción de biogás, biocombustibles y producción de energía eléctrica.

Según el real decreto 178/2021, de 23 de marzo: Se incorpora la obligatoriedad de incluir las prestaciones energéticas de los generadores de calor, junto con su etiqueta energética en la memoria del proyecto, pero quedarán excluidos aquellos que empleen combustibles cuya naturaleza corresponda a la recuperación de efluentes, subproductos o residuos, biomasa no leñosa o gases residuales, siempre que las emisiones de estos equipos cumplan con la normativa ambiental.

Cerrada la explicación acerca del uso de la biomasa, posibilidades y marco actual, se pasa a comparar las necesidades de la comunidad a la que se debe aportar energía con las distintas tecnologías existentes en este ámbito para elegir la mejor opción. En esta comunidad de



vecinos, se dispone de varias zonas en las que poder ubicar equipos de producción de energía. Dispone de garajes, locales comerciales vacíos en la planta baja y un terreno sin edificar muy bien ubicado. Este tipo de instalación requerirá de una zona específica para colocar la caldera, almacenar el combustible, instalar las chimeneas y una zona de paso para abastecer a los depósitos de biocombustible. Por lo explicado anteriormente, esto no supondrá un problema y se puede encontrar donde ubicar el equipo necesario sin problema, siendo la instalación del nuevo circuito de tuberías la mayor complejidad técnica, con todos sus elementos de distribución y control.

Por la naturaleza de las calderas de pellets, estas no se ajustan a las necesidades del bloque, la mayor parte de estas están orientadas a cubrir la demanda de agua caliente y calefacción mediante acumulador de una vivienda de unos 500 [m²] y no se dimensionan para suministrar potencias como las que se requieren en este caso. Esto se debe a que son un método de suministro de energía ideal para viviendas en entornos rurales y con un acceso limitado a fuentes de energía convencionales. En este caso, una caldera central de biomasa, debería ser de policoncombustible. Este tipo de tecnología está orientado generalmente para un uso industrial. Son de mayor tamaño y potencia que las calderas de pellets. El problema en este tipo de calderas, es que se encuentra una menor diversidad de equipos, dado que hay menor número de fabricantes. Para calderas de potencias que sobrepasen los 500 [kW], se suele trabajar bajo pedido y se diseña acorde a las especificaciones del cliente, teniendo en cuenta también el tipo de combustible que se vaya a emplear.

El tipo de combustible a emplear será determinante en el tipo de caldera elegida. Estas calderas de biomasa pueden estar preparadas para combustibles secos o para combustibles húmedos. Actualmente, han aparecido las calderas de biomasa de condensación, con las mismas ventajas que las calderas de gas de condensación.

Con lo visto en el apartado 7.1.1. donde se ha calculado la potencia necesaria para el equipo de calefacción, se ha pasado a dimensionar una/unas calderas de biomasa capaces de suministrar la energía necesaria al edificio. En este caso, se emplearán varios equipos para poder suministrar dicha potencia de 723,89 [kW]. Tras buscar dispositivos adecuados para proporcionar esta potencia se ha encontrado el siguiente modelo de caldera:

Caldera de policoncombustible Turbomat. Este modelo es de una empresa austriaca especializada en tecnología de calefacción por biomasa, Froling. Este modelo de caldera se comercializa con potencias que van desde los 150 [kW] hasta los 550 [kW]. Para poder satisfacer la demanda con este tipo de caldera será necesario el uso de dos de estos dispositivos, cada uno con una potencia distinta, o dos con potencias iguales. Esto abre una ventana a el estudio, en la que se puede realizar dos estudios distintos con esta caldera. Si se instalan dos calderas, estas no funcionarán simultáneamente a no ser que sea necesario. En las épocas del año en las que las temperaturas sean más bajas y, por tanto, crezca la demanda de energía,



ambas calderas funcionarán conjuntamente. De este modo, en los meses de temperaturas moderadas, es posible que con el funcionamiento de una sola de estas calderas se pueda cubrir el total de la demanda.

Para comprobar cuál de las medidas será la más eficiente, se crearán dos conjuntos de mejora en CE3X. Un conjunto tendrá en cuenta cual será el efecto de introducir dos calderas de biomasa de una potencia lo más parecida posible. No se dimensionarán de la misma potencia, dado que, si se quiere que ambas entreguen la misma potencia, sería necesario que esta fuese de 362 [kW] y en el catálogo de la marca las potencias que se anuncian para este modelo son: 150 [kW], 200 [kW], 250 [kW], 320 [kW], 400 [kW], 500 [kW] y 550 [kW].

De este modo, la opción que más se acerca a la teórica de dos calderas iguales será elegir una de 320 [kW] y otra de 400 [kW]. En este caso, no se suministrará la potencia total requerida según los cálculos realizados anteriormente. Pese a esto, si se emplean estos equipos no habría riesgo de no satisfacer completamente la demanda energética del edificio. Como se ha indicado en el cálculo de la potencia necesaria para la producción de ACS, el equipo estará ligeramente sobredimensionado. Esto se debe a que el sistema de acumulación es capaz de almacenar la cantidad de agua suficiente como para abastecer la demanda en las horas puntas. De este modo, en lugar de producir ACS durante 12 horas, podría producirse durante más tiempo. En este caso, las calderas trabajarán a plena carga durante más tiempo en los días más fríos del año, pero no llegarán a dejar sin suministro a la comunidad de vecinos.

La segunda opción que se recogerá en un nuevo conjunto de mejoras en el programa, quedará definida mediante una caldera de mayor potencia y otra menor. La caldera principal será de 500 [kW] mientras que la caldera de apoyo será de 250 [kW]. En este caso, las dos calderas suministran de modo suficiente la energía necesaria calculada. La caldera de mayor tamaño trabajará de forma prácticamente continua durante los meses fríos, mientras que la caldera auxiliar solo lo hará en los momentos de mayor demanda.

CÁLCULO DEL PRESUPUESTO DE CALDERAS:

Para que las medidas puedan definirse correctamente, se necesita introducir el coste estimado de la instalación. El coste de la instalación de tuberías, dispositivos de control, colectores, depósitos de acumulación, etc., será común para ambas opciones propuestas. De este modo, se calcularán por una parte los costes de los elementos de distribución del fluido caloportador y por otra el coste de cada una de las calderas. Estos presupuestos se mostrarán a continuación:



Coste de caldera Turbomat con potencia de 400 [kW]:

Presupuesto del equipo			Caldera Turbomat 400	
Referencia	Cantidad	Unidades	Descripción	Precio
12578P	1	[ud]	Caldera Turbomat para pellets de 400 [kW]	61326,00
12485A	1	[ud]	Sinfín de recogida de cenizas en la cámara de combustión	3881,00
12081	1	[ud]	Carro de cenizas con capacidad de 300 litros	1725,00
12497B	1	[ud]	Sistema automático de limpieza del intercambiador WOS TM 400-500	4541,00
12486A	1	[ud]	Sinfín de recogida de cenizas del intercambiador TM 400-500	4527,00
12082	1	[ud]	Carro de cenizas del intercambiador capacidad de 30 litros	320,00
13716	1	[ud]	Ventilador de tiro inducido	4671,00
12653B	1	[ud]	Sistema de recirculación de humos TM 400-500	6753,00
18864	1	[ud]	Encendido automático TM 320-500	1830,00
18827	1	[ud]	Aprovechamiento del calor residual en carcasa TM 400-500	723,00
18823A	1	[ud]	Lambdatronic H 3000 TM	12.595
12619C	1	[ud]	Controles de depresión 3,0 kW para ventilador de tiro inducido TM 400	2.880,00
12744	1	[ud]	Control depósito de inercia	112,00
12828	1	[ud]	Control depósito de inercia con sonda de inmersión L = 200 mm	118,00
10619A	1	[ud]	Control circuito calefacción	691,00
12835	1	[ud]	Relé para control de fases, campo giratorio y voltaje incluye transformador	359,00
12735	1	[ud]	Sinfín extracción cenizas 110 longitud 3 m (inclinación máx. 50º)	5493,00
12697	1	[ud]	Contenedor de trampilla inferior capacidad 1000 l	3.821,00
Coste total del equipo:				116366,00

Tabla 19: Tabla en la que se ha calculado el coste de una unidad de caldera de biomasa que proporcionará una potencia de 400 [kW]. Precios obtenidos de catálogo de precios Froling.



Coste de precio de caldera Turbomat con potencia de 320 [kW]:

Presupuesto del equipo			Caldera Turbomat 320	
Referencia	Cantidad	Unidades	Descripción	Precio
12582BP	1	[ud]	Turbomat 320 para pélets 320 kW a pélets	47178,00
12483A	1	[ud]	Sinfín de recogida de cenizas en cámara de combustión TM 320	3493,00
12080	1	[ud]	Carro de cenizas 180 capacidad 180 l	1278,00
12496B	1	[ud]	Sistema automático de limpieza del intercambiador WOS 320	2459,00
12484A	1	[ud]	Sinfín de recogida de cenizas del intercambiador TM 320	4325,00
12082	1	[ud]	Carro de cenizas intercambiador 30 capacidad 30 L	320,00
13715	1	[ud]	Ventilador de tiro inducido TM 320	4067,00
12649	1	[ud]	Sinfín de alimentación 150 TM 320	2608,00
12613A	1	[ud]	Sistema de recirculación de humos TM 320	5787,00
18864	1	[ud]	Encendido automático TM 320-500	1830,00
18826A	1	[ud]	Aprovechamiento del calor residual en carcasa TM 320	665
18823A	1	[ud]	Lambdatronic H 3000 TM 1000x1000x300 RAL 7035 Incluye control Lambda, control de la temperatura de la cámara de combustión, control de retorno con mezcladora.	12.595
12744	1	[ud]	Control depósito de inercia con sonda de inmersión (L = 100 mm)	112,00
10619A	1	[ud]	Control circuito calefacción	691,00
12735	1	[ud]	Sinfín extracción cenizas 110 longitud 3 m (inclinación máx. 50º)	5493,00
12697	1	[ud]	Contenedor de trampilla inferior capacidad 1000 l	3821,00
Coste total del equipo:				96722,00

Tabla 20: Tabla en la que se ha calculado el coste de una unidad de caldera de biomasa que proporcionará una potencia de 320 [kW]. Precios obtenidos de catálogo de precios Froling.



Coste de precio de caldera Turbomat con potencia de 500 [kW]:

Presupuesto del equipo			Caldera Turbomat 500	
Referencia	Cantidad	Unidades	Descripción	Precio
12583CP	1	[ud]	Turbomat 500 para pélets 500 kW a pélets	66422,00
12485A	1	[ud]	Sinfín de recogida de cenizas en la cámara de combustión TM 400-500	3881,00
12081	1	[ud]	Carro de cenizas con capacidad de 300 litros	1725,00
12497B	1	[ud]	Sistema automático de limpieza del intercambiador WOS TM 400-500	4541,00
12486A	1	[ud]	Sinfín de recogida de cenizas del intercambiador TM 400-500	4527,00
12082	1	[ud]	Carro de cenizas del intercambiador capacidad de 30 litros	320,00
13716	1	[ud]	Ventilador de tiro inducido TM 400-500	4671,00
12653B	1	[ud]	Sistema de recirculación de humos TM 400-500	6753,00
18864	1	[ud]	Encendido automático TM 320-500	1830,00
18827	1	[ud]	Aprovechamiento del calor residual en carcasa TM 400-500	723,00
18823A	1	[ud]	Lambdatronic H 3000 TM 1000x1000x300 RAL 7035 Incluye control Lambda, control de la temperatura de la cámara de combustión, control de retorno con mezcladora.	12.595
12619C	1	[ud]	Controles de depresión 3,0 kW para ventilador de tiro inducido TM 400	2.880,00
12744	1	[ud]	Control depósito de inercia	112,00
12828	1	[ud]	Control depósito de inercia con sonda de inmersión L = 200 mm	118,00
10619A	1	[ud]	Control circuito calefacción	691,00
12835	1	[ud]	Relé para control de fases, campo giratorio y voltaje Incluye transformador	359,00
12735	1	[ud]	Sinfín extracción cenizas 110 longitud 3 m (inclinación máx. 50º)	5493,00
12697	1	[ud]	Contenedor de trampilla inferior capacidad 1000 l	3.821,00
Coste total del equipo:				121462,00

Tabla 21: Tabla en la que se ha calculado el coste de una unidad de caldera de biomasa que proporcionará una potencia de 500 [kW]. Precios obtenidos de catálogo de precios Froling.



Cálculo de precio de caldera Turbomat con potencia de 250 [kW]:

Presupuesto del equipo			Caldera Turbomat 250	
Referencia	Cantidad	Unidades	Descripción	Precio
12582CP	1	[ud]	Turbomat 250 para pélets 250 kW para pélets	47506,00
12558B	1	[ud]	Sistema recirculación de humos (RCH) TM 250	3569,00
12585	1	[ud]	Extensión del sistema de limpieza del intercambiador WOS TM 220	1972,00
12587	1	[ud]	Segundo sinfín de extracción de cenizas del intercambiador TM 220	3304,00
12616A	1	[ud]	Control temperatura de la cámara de combustión	641,00
18810	1	[ud]	Control mezcla de retorno (sólo el control)	118,00
12828	1	[ud]	Control depósito de inercia: (con sonda de inmersión L = 200 mm)	4671,00
10619A	1	[ud]	Control circuito calefacción	6753,00
12829	1	[ud]	Control bomba dual	565,00
12824	1	[ud]	Extensión 5 sensores para control depósito de inercia (necesario añadir 10619A + 12744)	927,00
12835	1	[ud]	Relé para control de fases, campo giratorio y voltaje incluye transformador	359
Coste total del equipo:				70385,00

Tabla 22: Tabla en la que se ha calculado el coste de una unidad de caldera de biomasa que proporcionará una potencia de 250 [kW]. Precios obtenidos de catálogo de precios Froling.

Una vez calculado el precio de cada uno de los equipos, se hará una partida alzada en la que se incluya el coste de la instalación de caldera y puesta en marcha de cada una de las calderas. Se supondrá que este precio será el mismo para cada una de las calderas. Consultando el generador de precios de CYPE, si se buscan calderas con potencias similares a las empleadas en este estudio, estos costes son de 945 euros en calderas desde 349 [kW] hasta 450 [kW]. Del mismo modo, sus precios de instalación de mano de obra incluyen a un oficial 1º calefactor y a un ayudante calefactor, cuyo coste total supondrá 225 euros. En estas calderas, se estima unos costes directos complementarios del 2%.



El **cálculo del precio de la red de distribución** se realiza de un modo aproximado. Este cálculo se utilizará para todas las opciones de mejora en las que se tenga en cuenta la creación de equipos de abastecimiento centralizados.

➤ Cálculo del cote de implantación de anillos de distribución primarios:

Para esto, se tomará el plano de sótano del edificio, donde se propone ubicar la instalación de las calderas, para fijar su posición. Desde esa posición, se trazarán las líneas correspondientes con la propia red de distribución. Una vez conocida la longitud total de estas tuberías se multiplicará por el coste de un metro de tubería.

Para esta distribución del fluido caloportador, se crearán dos anillos de abastecimiento, conectados a la caldera, que abastezcan a cada uno de los portales del edificio.

El primer paso es escalar la imagen del plano de garaje en AutoCAD:

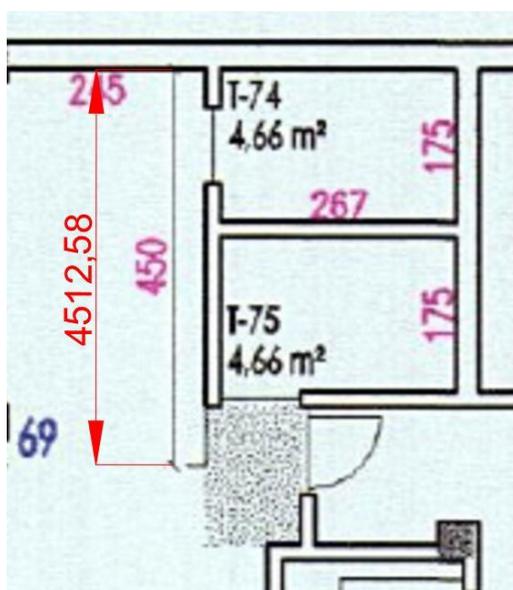


Figura 14: Escalado del plano de garaje para la obtención de cotas de tuberías del anillo principal (Cotas plano en centímetros y cotas AutoCAD en milímetros)

En este escalado, se ve que se está produciendo un error de 12,58 milímetros en una cota que debería ser de 450 centímetros. Esto supone que las medidas obtenidas de tuberías tendrán un sobredimensionamiento del 0,2796 %. Conocido esto, se les aplicará esa reducción a las cotas finales.



Tras el escalado, se puede pasar a realizar el dibujo de la distribución de tuberías. Este, se muestra en el plano número 1 en los Anejos del estudio.

De este plano, se obtienen las siguientes cotas.

- L_{CIDA} : Cota total del colector de ida: $171,62 + 169,69 = 341,31$ [m].
- L_{ACIDA} : Cota total de las acometidas del colector de ida: $28,83 + 6,62 + 5 \cdot 6,5 + 13,88 = 81,83$ [m].
- L_{CRET} : Cota total del colector de retorno: $140,75 + 132,25 = 273$ [m].
- L_{ACRET} : Cota total de las acometidas del colector de retorno: $3,97 + 4 \cdot 3,72 + 3,84 = 22,69$ [m]

Con estos datos, se puede obtener la longitud total de esta instalación: $L_{TSótano}$

$$L_{TSótano} = L_{CIDA} + L_{ACIDA} + L_{CRET} + L_{ACRET}$$

$$L_{TSótano} = 718,83 \text{ [m]}$$

Para completar este presupuesto, se necesita definir el precio por metro de tubería. Se elige una tubería de acero del generador de precios de CYPE y se plantea un aislamiento de las mismas mediante una capa de aislante térmico y acústico de la marca ISOVER de lana de vidrio de espesor 30 milímetros con forma cilíndrica y estructura concéntrica que se introducirá en el coste de metro de tubería.

El precio por metro lineal de tubería por tanto es de:

Tubo de acero con aislante para colectores de caldera.			Precio el [m]	
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C1 Materiales				
m	Tubo de acero, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, de 3" DN 80 mm de diámetro y 4 mm de espesor, según UNE-EN 10255.	1,000	22,97	22,97
m	Aislamiento térmico y acústico tuberías CLIMPIPE Section Alu2 (Espesor de 30 mm). ISOVER	1	7,8	7,8
Subtotal materiales:			30,77	
C2 Mano de obra				
h	Oficial 1ª fontanero.	0,058	19,56	1,13
h	Ayudante fontanero.	0,058	18,01	1,04
Subtotal mano de obra:			2,17	
C3 Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	32,94	0,66
Coste de mantenimiento decenal: 1,28€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):	33,60

Tabla 23: Imagen de la tabla en la que se ha estimado el coste del metro lineal de tubería para crear los lazos del circuito de distribución primario.

Conocido que el metro de tubería de la red se cobrará a un precio estimado de 33,6 euros, se puede pasar a calcular el coste total de los anillos de distribución.



Coste total de anillos del circuito de distribución primario:

$$C_{T_{RedPrimaria}} = 33,6 \left[\frac{\text{€}}{\text{m}} \right] \cdot 718,83 [\text{m}] = 24152,7 [\text{€}]$$

- Cálculo del coste de implantación de la red de distribución secundaria ubicada en cada portal.

Se calculará el coste de una sola red, con el valor total de esta red, se podrá multiplicar por el número de portales y obtener el coste total de la red secundaria de distribución.

Para esto, se creará un local en los portales, ubicado cerca de la zona por la que discurre la montante de agua actuales. En estos locales, se colocarán los depósitos de acumulación de cada portal. Según el IDAE, estos depósitos están normalizados. Se establece cada una de las conexiones necesarias, especificaciones de limpieza, sensores y datos sobre el intercambiador.

A continuación, se muestra una imagen en la que se especifican las conexiones necesarias en un depósito acumulador de ACS:

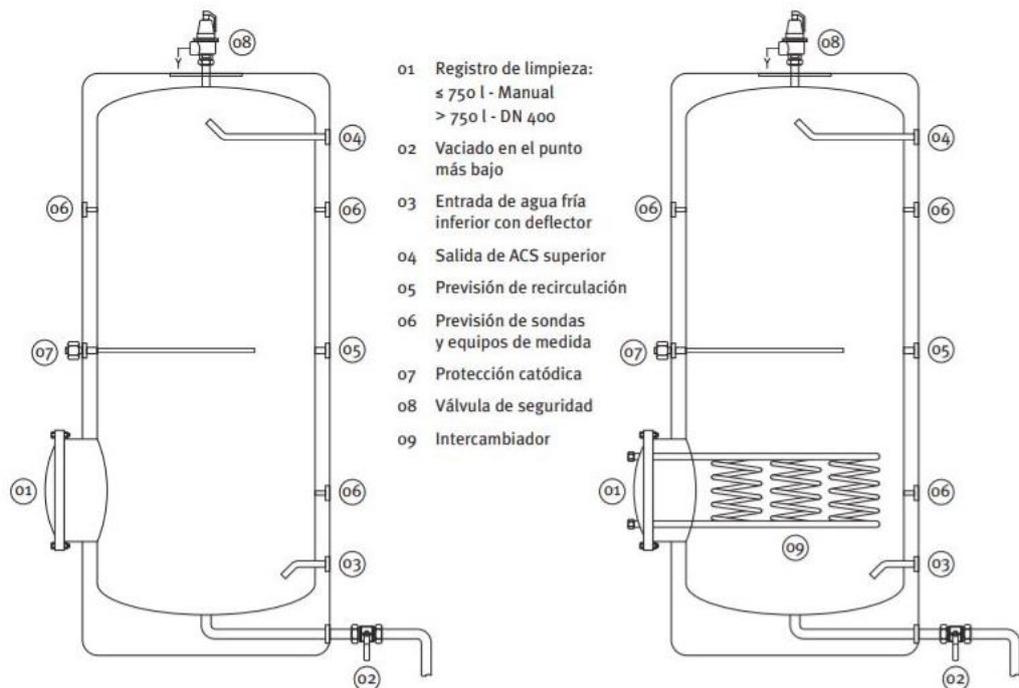


Fig. 01: Conexiones necesarias en acumuladores e interacumuladores

Figura 15: Imagen obtenida el IDAE, donde se muestran las conexiones necesarias en depósitos de acumulación de ACS.



Como acumuladores de ACS se ha recurrido a la marca comercial Chromagen. Desde esta marca, se ofrecen dispositivos de acumulación de gran tamaño, son capaces de satisfacer las demandas del bloque. Se ha elegido como depósito que suministre a un solo portal, el acumulador de 1500 litros de referencia AKVV004 cuyo precio es de 4.440 euros. Mientras, en el caso en el que se necesita abastecer a dos portales con un solo depósito, la elección ha sido de un acumulador de ACS con una capacidad de 3000 litros con la referencia AKVV007, cuyo precio son 7.016 euros. Con esta información, se puede calcular el desembolso total a realizar en acumuladores, dado que se necesitan 6 pequeños y 2 grandes. El coste de los acumuladores es de 40672 euros. Si se supone un 5% de sobrecoste para llevar a cabo la instalación, el coste final será de **42.705** euros.

Cada uno de estos depósitos estará conectado a una red de distribución en la que se abastezca a las viviendas. Esta red contará con una tubería principal que ascienda hasta la cota del último piso habitable, desde donde descienda abasteciendo a cada uno de los pisos.

Del mismo modo, se dispondrá de un intercambiador en cada portal que abastezca a un circuito cerrado de calefacción, dado que no se puede mezclar el agua del circuito de calefacción con el agua caliente sanitaria. El circuito de calefacción está en contacto con emisores (radiadores) y, por tanto, expuesto a la corrosión que puede producirse en el interior de estos equipos. Por ser un circuito cerrado, tendrá que contar con un vaso de expansión y para garantizar agua caliente, se introducirá una bomba de agua que recircule el agua de las tuberías que abastecen a cada piso. Esto garantiza que el agua de la montante será siempre agua caliente a la temperatura de uso.

Si se plantea sobre el plano de corte del edificio la instalación de una de las montantes que abastecen a cada piso, se podrá calcular la longitud de tubería necesaria para completar esta instalación. Este plano, es el número dos de los anejos. De este plano en AutoCAD, se obtiene una cota del colector de suministro de 38,42 metros, una acometida a cada vivienda que se estima en 4 metros, dado que las tuberías entran en las viviendas desde el portal hasta la cocina. Por último, la cota de la tubería de retorno, será de 21,12 metros a la que también habrá que sumar los 5 metros por vivienda. De este modo, para hacer un primer cálculo de tuberías, se supondrá lo siguiente: La tubería principal de ida estará duplicada, para suministrar el agua de calefacción y ACS. Se supondrá una media de cuatro viviendas por piso, de este modo, la instalación queda sobredimensionada para atender a los posibles costes de instalación o problemas derivados de la obra. Con esto, se añaden 16 metros de tubería por piso para abastecer de ACS y 32 metros por piso para abastecer el agua de calefacción y garantizar su retorno hasta el intercambiador.

Cálculo de tuberías de las montantes:

$$L_{Inst_{Mont}} = 38,42 \cdot 2 + (16 + 32) \cdot 7 + 21,12 = 434 [m]$$



Para calcular el coste de esta instalación, se supondrá el siguiente precio por metro lineal de tubería empotrada en pared:

Tubería para montante, empotrada en la pared.			Precio el [m]	
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C1 Materiales				
Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de acero galvanizado, de 3/4" DN 20 mm.	0,400	0,33	0,13
m	Tubo de acero galvanizado estirado sin soldadura, de 3/4" DN 20 mm de diámetro, según UNE 19048, con el precio incrementado el 15% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1,000	6,35	6,35
m	Tubo flexible corrugado de polipropileno, de 23 mm de diámetro, temperatura de trabajo de hasta 100°C, para señalización y protección mecánica y contra los agentes externos como yeso, cemento, cal, etc., de las tuberías de conducción para agua fría y A.C.S.	1,000	0,47	0,47
			Subtotal materiales:	6,95
C2 Mano de obra				
h	Oficial 1º fontanero.	0,250	19,56	4,89
h	Ayudante fontanero.	0,250	18,01	4,50
			Subtotal mano de obra:	9,39
C3 Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	16,34	0,33
Coste de mantenimiento decenal: 0,83€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):	16,67

Tabla 24: Tabla donde se recoge el precio por metro lineal de la instalación de tubería empotrada en pared para abastecer a cada vivienda.

Conocido este valor, el precio para la instalación de las tuberías necesarias para abastecer a cada portal será de:

$$C_{Portal} = L_{InstMont} * C_{metro} = 434 [m] \cdot 16,67 [€] = 7.234,78 [€]$$

Si a este precio se le añade el coste del intercambiador que proporcionará agua de calefacción. Teniendo en cuenta que la demanda de calefacción se ha calculado en el apartado 7.1.2. de este mismo estudio y se ha establecido en 641.77 [kW], la potencia del intercambiador requerido será de 64 [kW] en los casos que se abastezca a un solo portal y de 128 [kW] en las instalaciones que abastecen a dos. En este caso, se escoge como intercambiador para las instalaciones sencillas el modelo M3-FG/24M de la casa comercial Junkers, de acero inoxidable, con una potencia de 70 [kW] cuyo precio es de 1.947 euros. Por su parte, el modelo restante será de la misma marca comercial, modelo M3-FG/48M, de acero inoxidable, con una potencia de 130 [kW] y un coste de 2.465 euros. Precios obtenidos del generador de precios en los que se tiene en cuenta tanto instalación como componentes auxiliares. Con estos datos, se puede afirmar que el coste de los intercambiadores será de **16.612** euros.

Llegado a este punto, se puede estimar el coste de implantación de la red de distribución secundaria mediante la suma de los correspondientes precios calculados hasta el momento.

$$C_{TRedSecundaria} = C_{Portal} \cdot 10 + C_{Inter} + C_{Acumulador}$$



$$C_{T_{RedSecundaria}} = 7.234,78 \cdot 10 + 16.612 + 42.705 = \mathbf{131.664,8} \text{ [€]}$$

Llegado a este punto se puede establecer un coste estimado de toda la red de distribución del bloque:

$$C_{T_{DISTRIB}} = C_{T_{RedPrimaria}} + C_{T_{RedSecundaria}}$$

$$C_{T_{DISTRIB}} = 24.152 + 131.665 = \mathbf{155.817} \text{ [€]}$$

Tras recabar todos estos datos, es posible efectuar el cálculo del **coste total** de las dos **medidas** de mejora planteadas.

La primera medida en la que se supone el uso de dos calderas **semejantes (1)**, tendrá un precio aproximado de:

$$\mathbf{Coste_1} = 96.722 + 116.248 + 155.817 = \mathbf{368.787} \text{ [€]}$$

La segunda medida de este punto con calderas **distintas (2)**, supondrá un coste de:

$$\mathbf{Coste_2} = 70.385 + 121.460 + 155.817 = \mathbf{347.662} \text{ [€]}$$

El coste total de cada una de las opciones propuestas en estos sub apartados del punto 7.2. del estudio llevará incluido el coste de aislamiento. Este aislamiento será el elegido del estudio en el que se comparen las distintas opciones disponibles para tal efecto.

DATOS TÉCNICOS DE CALDERAS:

Para introducir estas medidas de mejora en el programa de simulación, se necesita conocer el rendimiento de la combustión de cada una de las calderas.

En este caso, no se dispone de estos datos, de modo que se considerará un rendimiento de combustión tabulado por la base de datos del propio programa del 90 %.



ESQUEMAS DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS:

Primera opción, calderas con potencias semejantes:



Ilustración 1. Instalación del bloque con dos calderas de biomasa proporcionando potencias similares.



Segunda opción, calderas distintas, donde la caldera menor proporciona un tercio de la energía total suministrada:



Figura 16: Esquema de funcionamiento de la instalación con dos calderas de biomasa de potencias distintas. Caldera pequeña de 250 [kW] y caldera grande de 500 [kW].



7.2.2. Instalación de caldera de biomasa con apoyo de bombas de calor.

Para este conjunto de mejora, se emplearán ciertos datos del conjunto anterior. Se reducirá el número o potencia de calderas de biomasa. Para compensar esta reducción de potencia, se emplearán bombas de calor para la producción de calor conjuntamente con la caldera de biomasa.

En este caso, se planteará que la caldera de biomasa sea la responsable de abastecer la demanda de calefacción del edificio, trabajando en situaciones en las que la demanda crezca por encima de la demanda de producción de ACS. Cuando esto ocurra, para tratar de alcanzar el máximo potencial de la caldera de biomasa, se desconectarán las bombas de calor y la demanda pasará a soportarse íntegramente por la caldera. De este modo, se prioriza el uso de las bombas de calor frente al uso de la caldera en situaciones en las que el consumo no sea elevado. Del mismo modo, cuando el consumo aumente, se priorizará el uso de la caldera, dado que los arranques y paradas en esta influirán más en su rendimiento que lo que lo harán en el rendimiento de las bombas de calor. Estas no sufren tanto como la caldera cuando son desconectadas.

Las bombas de calor son instalaciones relativamente modernas. Estos equipos son capaces de obtener la energía presente en ambientes y sistemas que de un modo convencional se considerarían inservibles para la producción de energía. Mediante principios termodinámicos, estas máquinas son capaces de extraer la energía presente en el aire, el agua o el suelo, para posteriormente aprovecharla en el interior de las viviendas como energía térmica. Este proceso se lleva a cabo mediante un fluido refrigerante que, bajo unas condiciones concretas de presión y temperatura, entra en los circuitos en contacto con el medio del que se pretende extraer la energía, que para el tipo de aplicación que se busca en un proyecto de estas características será aire. Una vez en este circuito, dado que el líquido siempre tendrá una temperatura inferior a la temperatura del ambiente, este es capaz de absorber la energía del ambiente y llevarla hasta el interior de la vivienda. El líquido cambia de fase en el exterior, absorbiendo el calor del medio, tras esto, será comprimido, haciendo así que ceda su calor, cambiando nuevamente de fase y condensando en el circuito situado en contacto con el agua que se pretende calentar.

Para que este proceso pueda llevarse a cabo y se produzcan las transformaciones de estado necesarias, se emplea una válvula de expansión y una bomba o compresor como fuente de energía.

“La energía suministrada por este compresor, será el único consumo de energía.” Por la explicación dada anteriormente, es posible saber que, esta afirmación no es cierta, dado que también hay aporte de energía del medio del que se extrae la energía térmica, pero a ojos de



calcular el rendimiento del dispositivo, no tendría sentido, dado que esta energía no podría ser aprovechada de otro modo y no supone coste alguno. Esto repercute en unos rendimientos muy altos, lo que hace que este tipo de dispositivos se consideren como fuentes de energía renovable en casos en los que presenten buenos rendimientos. En la Directiva 2009/28/CE de la Unión Europea, se afirma que serán calificados como fuentes de energía renovables las bombas de calor que permiten la utilización del calor aerotérmico, geotérmico o hidrotérmico, que, al deducir al total de la energía utilizable la energía empleada en el funcionamiento de las bombas de calor, se supere de forma significativa la energía primaria para producir dicha energía utilizable. (Página 4 del documento, punto 31)

En este tipo de máquinas, los rendimientos cuando se emplean sistemas de aerotermia (intercambio aire-aire), los rendimientos pueden rondar entre el 250 y el 300 %. Si se utilizan sistemas de geotermia, estos rendimientos ascienden bastante, hasta rondar valores de 420 o 520 %.

En este caso, se suministrará la potencia necesaria mediante dos calderas de biomasa que deberán ser capaces de aportar la energía necesaria de calefacción en los momentos más fríos del año. Para dimensionar estos dos equipos, se han seleccionado dos equipos con distintas potencias, uno mayor de 400 [kW] y otro más pequeño de 250 [kW] (opción más beneficiosa, según se demuestra en el apartado 8.2.1. de este estudio). Con estos equipos se dispone de una potencia conjunta de 650 [kW], siendo la necesaria de 641,77 [kW].

Para abastecer la demanda de ACS se emplearán bombas de calor. Estas bombas de calor se han obtenido del generador de precios de CYPE. Para abastecer la demanda de 82,12 [kW], se ha optado por la compra e instalación de tres equipos con una potencia calorífica de 30,1 [kW]. De este modo, se estará suministrando una potencia de 90,3 [kW].

El coste de esta nueva instalación se calculará suponiendo unos costes de instalación de fluido caloportador iguales a los calculados en el apartado anterior. Del mismo modo, en ese mismo apartado, están disponibles los costes de cada una de las calderas escogidas para esta mejora. Por todo esto, el precio necesario será el correspondiente a las bombas de calor.



A continuación, se muestra la tabla con el presupuesto desglosado de uno de estos equipos:

Unidad aire-agua bomba de calor no reversible, para instalación en exterior.			Precio por unidad.	
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C1 Materiales				
Ud	Bomba de calor no reversible, aire-agua, potencia calorífica nominal de 30,1 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 2°C; temperatura de salida del agua: 35°C), COP = 3,3, refrigerante R-407C, límites operativos en modo calefacción: entrada de aire entre -20°C y 40°C, salida de agua entre 15°C y 60°C, carcasa de acero galvanizado y esmaltado al horno, dimensiones 1860x2040x1485 mm.	1,000	24340,00	24340,00
Ud	Manguito antivibración, de goma, con rosca de 1 1/4", para una presión máxima de trabajo de 10 bar.	2,000	18,92	37,84
Ud	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1".	2,000	9,81	19,62
Subtotal materiales:				24397,46
C2 Mano de obra				
h	Oficial 1ª instalador de climatización.	6,600	19,56	129,10
h	Ayudante instalador de climatización.	6,600	18,01	118,87
Subtotal mano de obra:				247,97
C3 Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	24645,43	492,91
Coste de mantenimiento decenal: 16.088,54€ en los primeros 10 años.		Costes directos (1+2+3): 25138,34		

Tabla 25: Tabla en la que se muestra los costes para la instalación y adquisición de un equipo de bombas de calor necesarios para abastecer la demanda de ACS del bloque de viviendas.

Con este presupuesto, se puede establecer el coste de los equipos encargados de abastecer de agua caliente sanitaria. Dado que se necesitarán tres dispositivos, el coste total de estos equipos será de 75.415 euros.

Una vez conocido el coste de todos los implicados en esta mejora, se puede pasar a calcular el coste total de la mejora:

$$Coste = C_{Biomasa} + C_{BombasC} + C_{INS_{Distrib}}$$

$$Coste = (70.385 + 116.366) + 75.415 + 155.817 = 342.568 \text{ [€]}$$

Esta medida, pasará a ser introducida en el programa CE3X para evaluarla y poder obtener valores comparativos que muestren sus beneficios y permitan compararla con el resto de las opciones disponibles.



ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA:

Esquema de la opción de suministro energético en la que se plantea el uso de dos calderas de biomasa como medio de producción de energía para calefacción y un equipo de bombas de calor para suministrar ACS.

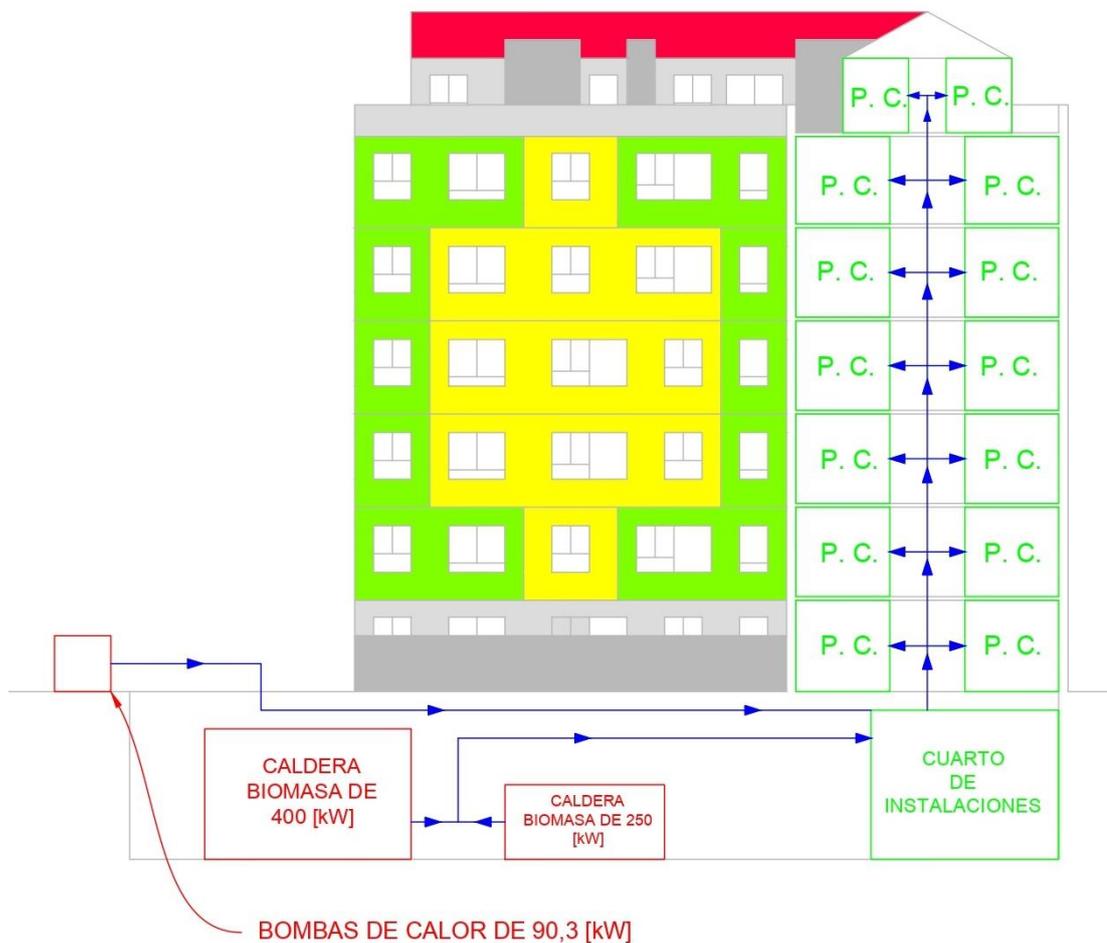


Figura 17: Esquema de la instalación para suministro de energía térmica en la que se emplean dos bombas de calor para producción de agua de calefacción y un grupo de bombas de calor para la producción de ACS.



7.2.3. Instalación con apoyo solar.

Para desarrollar esta mejora, se pretende introducir dispositivos de captación solar en el edificio. En este caso, el bloque cuenta con cubiertas inclinadas, estas tienen orientaciones muy diversas. Para favorecer el óptimo aprovechamiento de los colectores, se plantea cual puede ser la mejor ubicación para que obtengan la mayor cantidad de radiación solar posible.

Los colectores solares son una tecnología realmente muy extendida en España y se puede considerar como una tecnología madura. En la actualidad, el coste de estos equipos es muy inferior a los presentados hace unos años. Su instalación es relativamente sencilla y no causa molestias a los usuarios.

Como norma general, estos colectores cuentan con un depósito en el que acumulan el fluido caloportador, este fluido circulará por el interior del colector, obteniendo la energía de la radiación solar que incide sobre toda la superficie del mismo. Tras esto, el fluido caliente se almacena en el depósito del colector, desde donde cederá el calor a un circuito que recuperará el calor de cada uno de los colectores de la instalación. Este circuito que recupera el calor de los colectores se dirigirá a cada uno de los depósitos de acumulación de los distintos portales del edificio. De este modo, las viviendas del bloque podrán disponer de energía térmica gratuita, teniendo que realizar solamente el desembolso por los colectores y la red de distribución desde los mismos hasta los puntos de consumo.

Dado que el coste de la red de distribución es muy elevado y los colectores por si solos, no podrían llegar a amortizar la inversión en un periodo razonable, se plantea la posibilidad de combinar esta tecnología con el aislamiento de la fachada y con la instalación de calderas de biomasa para la producción de calefacción y apoyar a estos dispositivos en los momentos en los que no sean capaces de suministrar toda la energía térmica necesaria por si solos.

De este modo, surgen de este apartado tres medidas de mejora distintas. En primer lugar, se planteará el uso de los colectores como dispositivos que complementen a la instalación existente de la vivienda. En segundo lugar, se empleará la instalación de colectores solares combinada con el aislamiento de la fachada para tratar de reducir el consumo de calefacción. Por último, la opción más completa y en la que realmente se explotarán mejor las ventajas de cada uno de los elementos que intervienen en ella, será aquella en la que se empleen equipos de biomasa conjuntamente con colectores solares y se reduzca la demanda de calefacción mediante el aislamiento de la fachada.

Para definir estas medias, solo se necesita conocer la cantidad de paneles que se puede llegar a instalar en la cubierta del bloque, dado que el resto de datos ya se han calculado en otros apartados de este mismo estudio.



Para conocer la cantidad de dispositivos de captación solar que se puede instalar, se ha empleado una imagen de la cubierta del bloque, en la que se han representado los distintos colectores en la posición que deberán ocupar cuando se instalen. En este caso, se ha tratado de instalarlos en las cubiertas que dispondrán de mayor número de horas de sol y con una mejor incidencia.



Figura 18: Imagen en la que se muestra la distribución de colectores más ambiciosa posible. Este será el número máximo de dispositivos que se podrá implementar.

Estos serán capaces de abastecer la energía necesaria para la producción de ACS durante los meses de verano. Para el cálculo del coste de estos elementos se ha recurrido a el generador de precios. En la imagen se puede ver como el número máximo de colectores que se podrá instalar son 230 colectores.

Tras establecer el número máximo de colectores que se podrán colocar en la cubierta del edificio, es interesante establecer cuál será la demanda mínima del total de ACS que se debe suministrar mediante contribución solar. Este dato, se muestra en la sección HE 4 del CTE (Documento Básico HE Ahorro de Energía). En este documento, se recoge una tabla en



la que se muestran los distintos porcentajes que se debe suministrar en función de la zona climática en la que se encuentre el edificio. En el caso del bloque objeto de estudio, la zona climática ha quedado definida previamente, esta será E1. De este modo, consultando la siguiente tabla se puede conocer el porcentaje mínimo que se debe satisfacer.

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 26. Contribución solar mínima en un edificio en función de la demanda de ACS total y su zona climática. Fuente: CTE.

Con todo esto, se puede afirmar que, debido a la normativa vigente, la potencia mínima de los colectores deberá ser la suficiente como para proporcionar el 35 % de la demanda total de ACS.

Tras recabar esta información, se pasa a calcular mediante el método F-Chart, el número de colectores necesarios para abastecer al bloque. Este cálculo se efectuará mediante una hoja Excel, en la que se plantearán distintas situaciones, casos en los que satisfacer distintos porcentajes de demanda.

Para realizar el dimensionamiento, en un primer momento se ha calculado la cantidad de energía necesaria al día para generar la cantidad de ACS deseada. Este cálculo ha sido el siguiente:

$$E = m \cdot C_e \cdot (\Delta T)$$

Donde:

$$m = Demanda_{ACS} \cdot \%_{CUBIERTO}$$

$$\Delta T = T_{ACS} - T_{RED_{Media}}$$

- m : Masa de agua ACS proporcionada por la instalación [kg/día].
- C_e : Calor específico del agua 4.18 [kJ/kg]
- $Demanda_{ACS}$: Demanda total de ACS: 15.562 [litros/día]
- $\%_{CUBIERTO}$: Porcentaje de demanda de ACS cubierto con la instalación.
- T_{ACS} : Temperatura de suministro del ACS.



- $T_{RED_{Media}}$: Temperatura media del agua de red durante el año: 10 [°C]

Tras este cálculo, se obtiene el valor de “E”, que será el que corresponda con la energía diaria necesaria para abastecer el porcentaje de ACS indicado en su cálculo.

Tras esto, se pasa a determinar la radiación solar incidente en los colectores. Para esto, se calcula la radiación solar incidente en la superficie de colectores por metro cuadrado. Para este cálculo se emplearán una serie de valores distintos para cada uno de los meses del año, estos valores son tales como el número de días de cada mes, el valor de la radiación diaria sobre el plano horizontal y el coeficiente que recoge los efectos de la inclinación del panel en una latitud concreta. Todos estos datos se muestran a continuación:

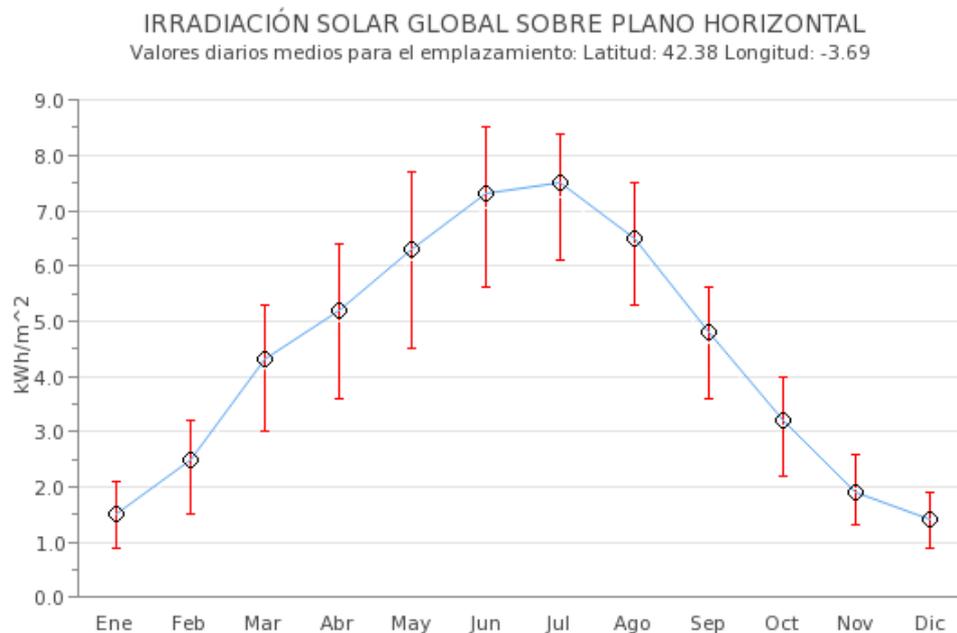


Figura 19: Gráfico en el que se presenta la Irradiación Solar Global mensual sobre un plano de inclinación de 0° en la ciudad de Burgos. Fuente: ADRASE.

**Latitud = 42°**

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.08	1.06	1.05	1.03	1.02	1.02	1.02	1.04	1.06	1.08	1.09	1.09
10	1.15	1.12	1.09	1.06	1.04	1.03	1.04	1.06	1.11	1.15	1.18	1.17
15	1.21	1.17	1.13	1.08	1.04	1.03	1.04	1.09	1.15	1.22	1.26	1.25
20	1.27	1.21	1.15	1.09	1.04	1.03	1.05	1.1	1.18	1.28	1.34	1.32
25	1.32	1.25	1.17	1.09	1.04	1.01	1.04	1.1	1.21	1.33	1.4	1.38
30	1.36	1.28	1.19	1.09	1.02	1	1.02	1.1	1.23	1.37	1.46	1.44
35	1.39	1.3	1.19	1.08	1	.97	1	1.09	1.23	1.4	1.51	1.48
40	1.42	1.31	1.19	1.06	.97	.94	.97	1.08	1.24	1.42	1.54	1.52

Tabla 27. Tabla en la que se muestra el coeficiente de corrección para una inclinación del panel de 30° en una latitud de 42° como corresponde a la ciudad de Burgos.

Fuente: certificacionenergetica.info

De este modo, con la siguiente fórmula, se puede determinar el valor de radiación solar incidente por metro cuadrado de superficie de captador solar.

$$\text{Radiación} = n \cdot k \cdot H_{\text{día}}$$

Donde:

- n : Número de días del mes estudiado.
- k : Factor de corrección para el mes estudiado, en función de la latitud del lugar y de la inclinación de los colectores.
- $H_{\text{día}}$: Valor de radiación solar diaria incidente sobre el plano horizontal, expresada en [kWh/m²]

En este caso, se ha realizado este cálculo para cada uno de los meses del año, así, se ha determinado la cantidad de energía diaria media proporcionada por un metro cuadrado de colector funcionando con un rendimiento del 100 %. Para que este estudio sea completo, se complementa este cálculo indicando el rendimiento de cada colector y su superficie útil, así como el efecto que supone el ángulo azimut en los colectores. El dispositivo elegido presenta un rendimiento del 79 % y una superficie útil de 2,35 [m²]. Así mismo, la zona central de la cubierta, que es en la que se puede ubicar un mayor número de colectores, posee un ángulo azimut de 38°, este ángulo, supondrá una pérdida de eficiencia respecto la situación ideal. Esta pérdida se puede aproximar mediante un gráfico recogido por el CTE en el mismo apartado HE4 mencionado anteriormente.

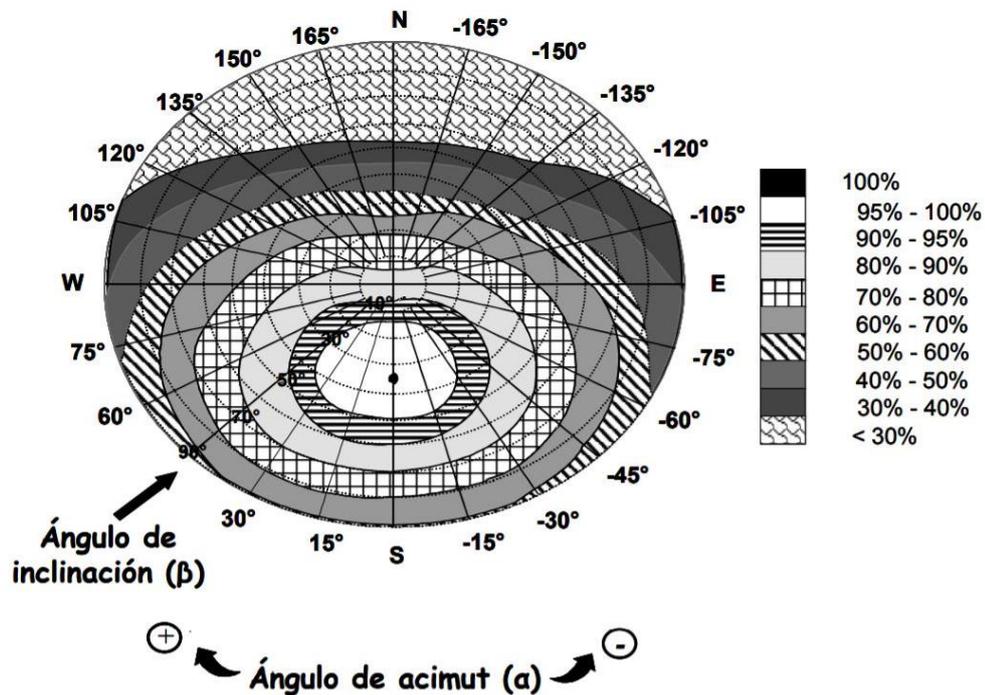


Figura 20: Imagen en la que se muestra el valor de captación de energía de los colectores respecto a la situación ideal, en función el ángulo de acimut. Fuente: CTE - HE 4.

Con este gráfico, se estiman unas pérdidas de en torno al 5 % para un ángulo de azimut de -38° .

Con estos datos del colector y de su orientación, se puede emplear el valor de radiación solar incidente en la superficie de colectores, para pasar a determinar la energía suministrada por cada colector. Esta se obtiene aplicando el rendimiento del panel, las pérdidas indicadas por su orientación y multiplicando por la superficie útil del colector.

Llegado a este punto, se toma la siguiente decisión: Se calcula el número de colectores necesarios para abastecer el 100 % de la demanda de ACS en los meses que van de marzo a septiembre. Para esto, se emplea el valor de la radiación solar producida por un colector en las condiciones del mes más desfavorable de ese periodo, siendo este mes el mes de marzo. De este modo, si se pretende abastecer toda la demanda de ACS en marzo, se necesitan 95 colectores solares. En el caso del mes con mayor radiación, julio, el número de paneles sería de 65. Afirmando que la instalación contará con 95 paneles, se puede afirmar que la demanda se cubrirá de forma holgada en los meses de verano, mientras que se cubrirá completamente en gran parte de los periodos de primavera y otoño. Pese a tratar de cubrir el 100% de la demanda, en los meses de invierno esto no es posible y habrá que emplear las



calderas centralizadas para suplir las necesidades energéticas que no pueden cubrir los paneles.

De este modo, para introducir esta mejora en el programa se ha calculado cuál será la demanda de ACS cubierta por una instalación de 95 paneles situados en la cubierta de la fachada 5 del bloque que dispone de capacidad máxima para instalar 150 colectores. Esta demanda, será del 95 %.

En este punto, se muestra un presupuesto simplificado en el que se puede ver el coste de la instalación de colectores para solamente 5 unidades:

Captador solar térmico para instalación colectiva, sobre cubierta inclinada.			Precio por fila de 5 unidades	
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C1 Materiales				
Ud	Captador solar térmico plano, Heliocconcept SRV 2.3 "SAUNIER DUVAL", con panel de montaje de 1233x2033x80 mm, superficie útil 2,35 m ² , rendimiento óptico 0,79, coeficiente de pérdidas primario 2,41 W/m ² K y coeficiente de pérdidas secundario 0,048 W/m ² K ² , compuesto de marco de aluminio, acabado pintado, absorbedor de cobre con tratamiento altamente selectivo, aislamiento térmico de lana mineral y cubierta protectora de vidrio de seguridad.	5,000	625,00	3125,00
Ud	Bastidor de captador solar térmico, para 5 paneles con montaje vertical, sobre cubierta inclinada de teja curva, "SAUNIER DUVAL".	1,000	630,00	630,00
Ud	Kit hidráulico de entrada y salida para batería de captadores solares térmicos, "SAUNIER DUVAL".	1,000	40,00	40,00
Ud	Kit hidráulico de unión entre captadores solares, "SAUNIER DUVAL".	4,000	35,00	140,00
Ud	Purgador automático para captadores solares térmicos, "SAUNIER DUVAL".	1,000	40,00	40,00
Ud	Válvula de seguridad, para una temperatura máxima de 99°C, "SAUNIER DUVAL".	1,000	30,00	30,00
Ud	Bidón de 10 l de solución agua-glicol para relleno de captador solar térmico, "SAUNIER DUVAL".	1,000	45,00	45,00
Ud	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1".	2,000	9,81	19,62
			Subtotal materiales:	4069,62
C2 Mano de obra				
h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	11,000	19,56	215,16
h	Ayudante instalador de captadores solares.	11,000	18,01	198,11
			Subtotal mano de obra:	413,27
C3 Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	4482,89	89,66
Coste de mantenimiento decenal: 3.475,14€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):	4572,55

Tabla 28. Tabla en la que se muestra el precio de compra e instalación de un equipo de captación solar para una red comunitaria. Precio por una fila de 5 colectores.

Dado que se presupuesta la instalación de cinco paneles en 4.572,55 euros, el coste de la instalación de los 95 dispositivos será de 434.392,25 euros, lo que supone un gasto por vivienda de 2.000 euros.

Tras conocer el coste que supondrá realizar la instalación de los colectores, se puede pasar a definir el coste total de la medida:

$$Coste = C_{Biomasa} + C_{Colectores} + C_{INS_{Distrib}}$$

$$Coste = (70.385 + 116.366) + 434.392 + 155.817 = 776.960 \text{ [€]}$$



ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA:

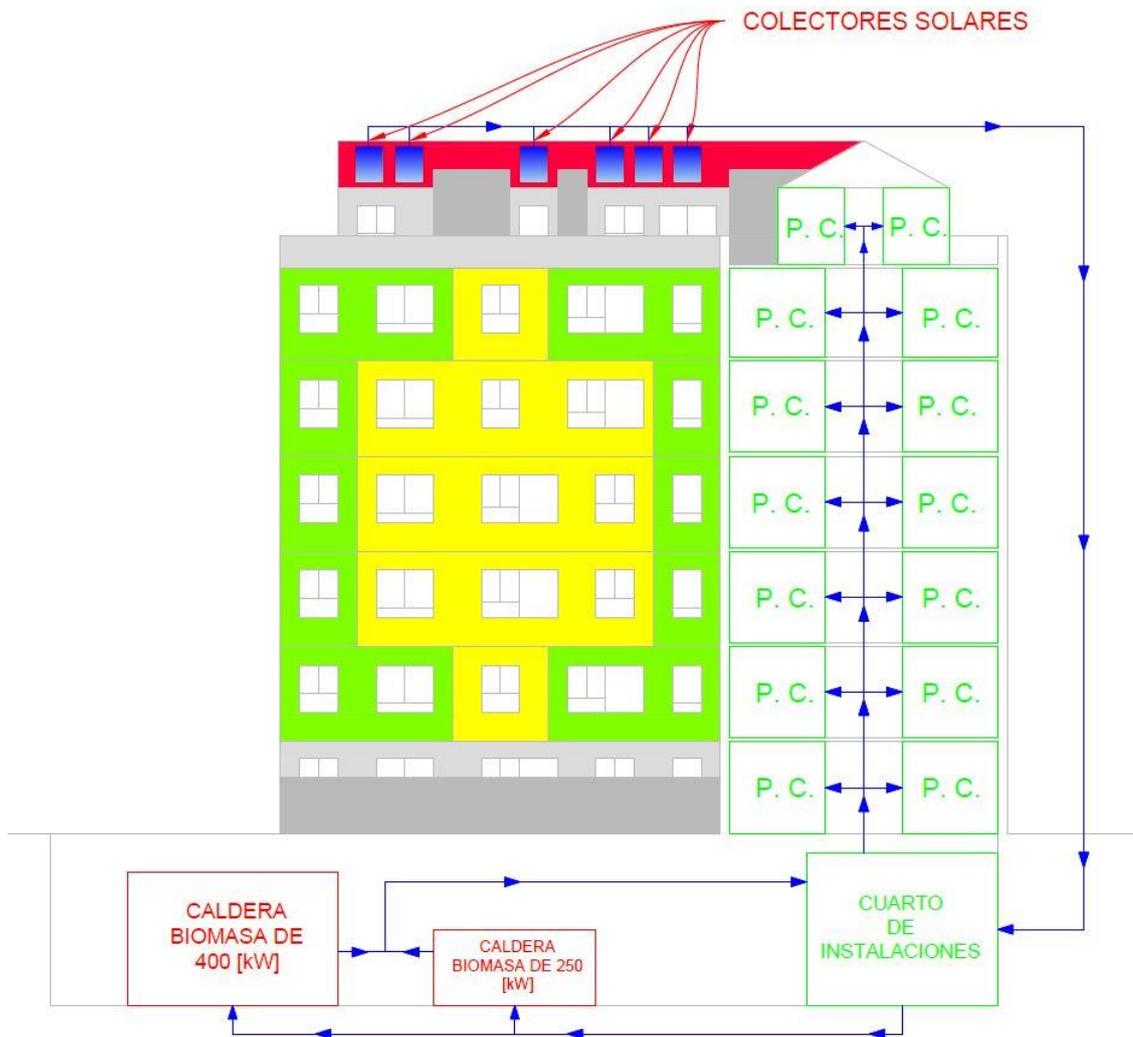


Figura 21: Esquema de la instalación para suministro de energía térmica del bloque de viviendas en el que se plantea el uso de dos calderas de biomasa como equipos de producción de calor para abastecer la demanda de calefacción y ACS cuando los colectores solares no puedan cubrir la demanda.



7.2.4. Instalación con turbina de cogeneración.

En este caso, se empleará una nueva tecnología de producción energética. La cogeneración es un ámbito muy extenso y que es complejo y muy amplio. Existen gran diversidad de opciones a la hora de elegir un equipo de este tipo. La principal división que se puede encontrar en este ámbito es relativa al tipo de elemento de producción de potencia, estos elementos pueden ser motores de combustión interna o turbinas de gas. Los motores pueden funcionar con distintos combustibles, desde gasolina y diésel hasta gas natural. Por su parte, las turbinas son eminentemente para uso con gas natural como combustible. Estos equipos ofrecen grandes ventajas energéticas, dado que se asemejan bastante a una caldera convencional, con la ventaja asociada que supone la producción de energía eléctrica.

En este estudio, se ha optado por la elección de un motor de combustión como dispositivo de producción de energía, por la gran oferta de este tipo de elementos para el uso de los mismos en cogeneración en escalas de potencia como las necesarias en este caso. Las turbinas habrían sido también una buena opción, pero el bloque objeto de estudio no tiene las necesidades energéticas suficientes como para implementar uno de estos equipos. Se podría considerar el uso de una de estas turbinas en un caso de calefacción de distrito, o de suministro a varios bloques. Se produciría la energía térmica necesaria, y se obtendrían beneficios extra con la venta de la electricidad producida.

Desde la marca Bosch se ofrece una variedad de equipos de este tipo. Desde la marca se dice que sus productos tienen una alta eficiencia y cuentan con un diseño y una fabricación robustas que les permiten funcionar durante más tiempo sin mantenimientos y con una larga vida útil. Pero no se han podido obtener datos acerca de su balance energético ni de su precio. A causa de esto, se ha recurrido a un equipo del que se ha podido obtener más información. Desde la página de icogen, se muestran varios equipos de cogeneración, con motores de combustión interna alimentados con gas. En este caso se ha elegido el modelo ICO_ND 171.

A continuación, se muestra la apariencia del modelo elegido:

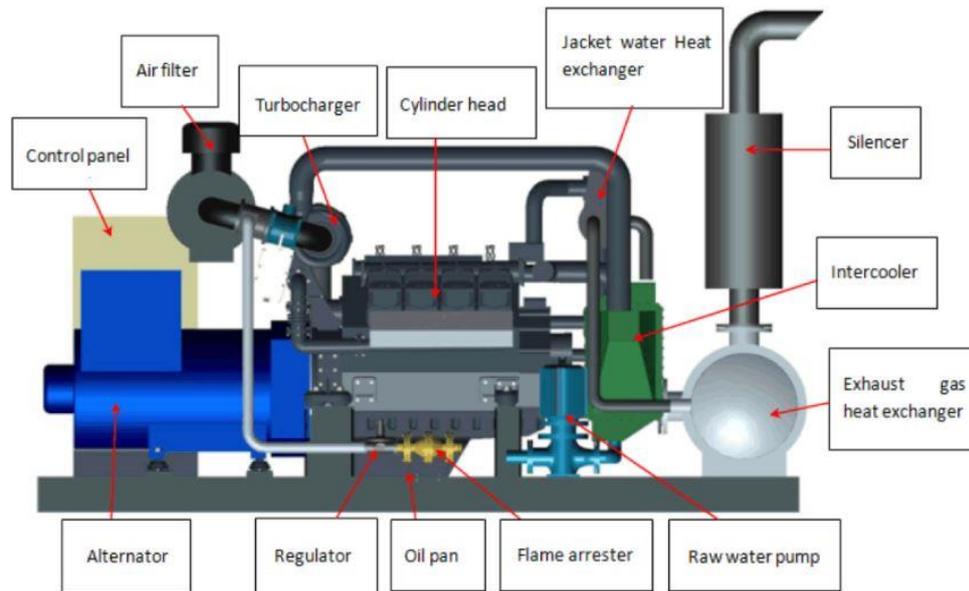


Figura 22: Imagen obtenida de la página icogen, del motor seleccionado en este apartado, donde se puede ver la disposición de cada uno de sus elementos principales.

Por su parte, el motor presenta gran variedad de datos acerca de su funcionamiento y de sus características constructivas, niveles de ruido y dimensiones. En este caso, como se está tratando de llevar a cabo su implementación mediante el programa CE3X se prestará atención a los datos necesarios para definir las contribuciones energéticas que proporcionará este motor.

En el apartado balance energético de información del motor se exponen los datos necesarios para conocer sus contribuciones energéticas y el gasto de combustible que presenta. Estas características se muestran en la siguiente imagen:

Combustible	709 kW
Potencia eléctrica	277 kW
Potencia térmica	334 kW
Total output	611 kW
Rendimiento eléctrico (cosfi=0,8)	39,10%
Rendimiento térmico	47,10%
Rendimiento global	86,20%

Figura 23: Datos energéticos del motor de cogeneración elegido



En este caso, pese a la gran cantidad de información del motor, no se ha podido acceder a ningún dato acerca del coste del mismo. Pese a ello, se ha encontrado una estimación fiable acerca del coste de los equipos de cogeneración. Estos costes se pueden ver en la siguiente tabla:

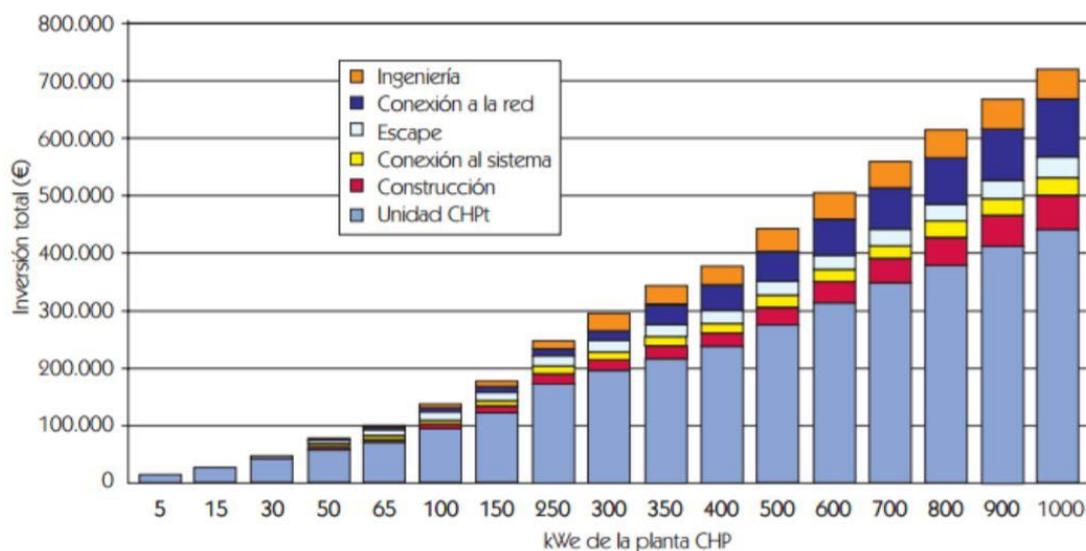


Figura 24: Gráfico en el que se muestra el precio de la inversión necesaria para instalar un equipo de cogeneración en función de su potencia eléctrica. Fuente: ASUE.

De este modo, llevando a cabo una estimación basada en los datos proporcionados por el gráfico, se puede ver como la potencia eléctrica del motor elegido está cerca de los 300 [kW], lo que supondrá un precio de la instalación de algo menos de 300.000 euros. Se tomará el valor de 300.000 euros como coste del equipo e instalación del mismo.

Tras definir las características del motor y su coste, se puede pasar a definir cuáles serán sus tiempos de funcionamiento. En este caso, se plantea el uso del motor de cogeneración como fuente de energía térmica, de modo que todo el excedente de energía se puede vender directamente a la red, por esto, cuando este esté en funcionamiento, también estará generando beneficios económicos a la comunidad y, por tanto, reduciendo su periodo de amortización. En caso de utilizarse para satisfacer la demanda de calefacción, este motor estaría muy sobredimensionado durante los meses de verano y no resultaría rentable e2ncenderlo para llevar a cabo la producción de ACS. Es por esto, que se ha decidido emplearlo como fuente de energía para la producción de ACS. Para ello, el primer paso es conocer las horas que debe funcionar el motor para poder suministrar la energía necesaria. Una vez conocido su tiempo de funcionamiento diario para garantizar el suministro de ACS, que no deberá superar las 12 horas, se puede afirmar que la demanda de ACS permanecerá constante durante todos los días del año. Con dicha afirmación, es posible conocer las contribuciones energéticas del motor a



lo largo de un año, que son las que requiere el programa. Para introducir esta medida de mejora en el programa, hay que definir cuál será la potencia térmica producida para el suministro de ACS. Para complementar dicha información, también se solicita el dato: Consumo de combustible y Tipo de combustible. Por su parte, la potencia eléctrica producida, se calcula aparte, dado que el programa solo es capaz de contabilizar la energía eléctrica producida como autoconsumo y trabajar con ella. En este caso, se planteará la posibilidad en la que la potencia producida por el motor, se venda a la compañía eléctrica. De este modo, cuantificando la potencia producida por el motor al día se podrían llevar a cabo distintas estimaciones, tratando de facilitar el estudio económico. En el caso propuesto, según el RD244/2019, la instalación de la comunidad de vecinos, deberá acogerse a una modalidad de instalación de autoconsumo calificada como “Modalidad con excedentes no acogida a compensación”. En este tipo de modalidad, se engloban todas las instalaciones de cogeneración que no cumplan con las condiciones impuestas por la “Modalidad con excedentes acogida a compensación”. De este modo, la instalación que se pretende regularizar supera los 100 [kW], por lo que es motivo suficiente para no entrar en el grupo de la modalidad acogida a compensación. En el tipo de modalidad no acogida a compensación, la energía excedente, se vierte a la red, del mismo modo que en la modalidad opuesta, pero en este caso la compañía con la que se ha redactado el contrato de suministro, pagará a los propietarios de los equipos de producción por [kW] producido y vertido a la red. En este mismo Real Decreto, también se recoge la posibilidad de acogerse al tipo de modalidad no acogida a compensación a todos aquellos que, cumpliendo los requisitos de la modalidad acogida a compensación, no deseen hacerlo.

Por todo esto, se ha buscado una compañía genérica en la que poder consultar los precios de venta de la energía. Pero se ha encontrado con la necesidad de firma de un contrato en el que la compañía establezca cada uno de los precios y condiciones de venta de la energía. Esto no puede realizarse desde la perspectiva de este estudio, de modo que se ha pasado a tomar como valor de venta del [kW] el precio medio con el que se compensa a los propietarios con contratos en modalidad con excedentes acogida a compensación. Esta compensación supone una rebaja en la factura del propietario, en la que se tendrá en cuenta la energía vertida a la red, la que tendrá un precio de compensación medio de 5 [cent/kW]. De este modo, un propietario acogido a compensación que haya consumido energía de la red por valor de 50 euros y haya vertido a la misma 1000 [kW], no pagará nada en su factura.

Con esta explicación, queda fijado el precio de venta del [kW] en 0.05 euros.

Con esto, solo es necesario conocer el tiempo que debe funcionar el motor de cogeneración para poder proporcionar la energía necesaria para satisfacer la demanda de ACS. Dado que la energía necesaria para elevar la cantidad de agua necesaria de red a una temperatura media de 10 [°C] para abastecer las necesidades de los ocupantes hasta una temperatura de 60 [°C] es de 903,5 [kW]. Con tres horas de funcionamiento del motor de



cogeneración se suministraría la energía necesaria para abastecer dicha demanda. La potencia térmica del motor es de 334 [kW] de energía térmica, si este funciona durante tres horas, se generaría una energía de 1.002 [kWh]. Este tiempo se ajustará según la época del año, pero será un dato fiable para realizar una aproximación inicial.

En este momento se muestra los cálculos efectuados para determinar el consumo de combustible de la instalación en un año, así como la energía térmica aportada para la producción de ACS y la energía eléctrica producida. Para esto, se parte de las tres horas de funcionamiento del equipo diarias, y se plantea el caso de que el equipo trabaje durante este periodo de tiempo todos los días del año, de este modo, se tiene un tiempo de funcionamiento del motor anual de 1.095 [horas/año]. Combinando este dato con los datos del balance energético del motor se conocen los datos necesarios:

- Energía (Gas natural) consumida: 776.355 [kWh/año].
- Energía destinada para producción de ACS: 365.730 [kWh/año].
- Energía eléctrica destinada para su venta: 303.315 [kWh/año].

De este modo, se puede pasar a introducir la mejora en el programa, para ello se tendrá en cuenta la energía eléctrica producida en 7 años, para descontar este precio del coste de total de la mejora y de este modo tratar de obtener dato de amortización ligeramente más cercano a la realidad. Este descuento sería de 106.160,25 euros.

En este momento se puede definir el coste de esta mejora. Si se tiene en cuenta el descuento por la electricidad vendida durante el periodo de 7 años, el coste de la instalación basado en los presupuestos individuales de las calderas mostrados anteriormente y del coste de la instalación de distribución será el siguiente:

$$Coste = C_{Biomasa} + C_{Cogeneración} - C_{ENERGÍA\ Eléctrica} + C_{INS\ Distrib}$$

$$Coste = (70.385 + 116.366) + 300.000 - 106.160 + 155.817 = \mathbf{536.408 \text{ [€]}}$$

Tras recabar esta información, queda definido el funcionamiento del motor y su aporte energético.

Para complementar esta medida, se utilizará una caldera de biomasa con una potencia de 400 [kW], de modo que durante los meses en los que la calefacción no sea necesaria esta permanecerá apagada, empleándose solo la energía producida por el motor, quien trabajará durante todo el año.



UNIVERSIDAD
DE BURGOS

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTUDIO SOBRE HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS TÉRMICAS
Y ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES PARA MINIMIZAR
LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA**



ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA:



7.2.5. Modificación de las ventanas del bloque, estudiada conjuntamente con la rehabilitación de fachada.

Este apartado pretende conseguir conocer cuáles serán los beneficios de llevar a cabo una modificación en la carpintería de la vivienda, y el acristalamiento. Actualmente, las ventanas del bloque son prácticamente en su totalidad, ventanas de doble cristal. Se pretende simular la sustitución de este tipo de ventanas por unas ventanas con triple acristalamiento. Para que esta medida sea presentada y evaluada en el apartado 8 de este estudio, aquí se tendrá en cuenta a la hora de definir la mejora, el aislamiento definido como definitivo en ese mismo punto (Sistema SATE). Esto se debe a que el autor de este estudio ha considerado definir en un primer momento cuál será el aislamiento que proporcione mejores ventajas y en un segundo lugar plantear la modificación de las ventanas. De este modo, en este punto, se tiene en cuenta como parte del coste de la medida el presupuesto de instalación del aislamiento de fachada. Así mismo, también se puede evaluar el supuesto en el que el único cambio de la envolvente del bloque sea la sustitución de las ventanas. De este modo se tendrá información detallada de cada una de las medidas de mejora pasiva de forma individual y en conjunto.

Con todo esto, se pasa a justificar los nuevos datos requeridos para definir la medida. En primer lugar, se define el tipo de sistema que se empleará para realizar esta mejora. Para garantizar la máxima estanqueidad de las ventanas, se empleará una solución de triple acristalamiento, con cámaras de aire de argón, bien ancladas a él hueco de la ventana y con un buen sellante con baja conductividad entre la ventana y el hueco. En este caso el coeficiente de transmitancia térmica del vidrio (U) se establece en $0,6 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$, mientras que el factor solar (coeficiente g) es de $0,54$. La permeabilidad del hueco se reducirá a la calificación de estanco y se empleará una transmitancia térmica del marco obtenida del fabricante de ventanas ITESAL, que cuenta con la serie IT 75 fabricada en aluminio, con rotura de puente térmico de PVC y que puede montar triple cristal. Desde el catálogo del fabricante se garantiza una transmitancia del marco desde $1.56 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$, dato empleado en este caso para definir el marco de la ventana. De este modo, si se emplea este tipo de cerramiento, lo que quedaría por definir, es el coste de la medida aplicada a todas las ventanas del bloque. Este será el último dato necesario para poder introducir la medida de mejora en el programa y obtener información fiable. Para conocer el presupuesto de esta mejora, se debería recurrir a una empresa dedicada a estos menesteres, a la que plantear la totalidad de la reforma con todos los detalles recogidos en este mismo estudio acerca de los distintos tipos de ventanas, número de las ventanas a remplazar y especificaciones de los huecos a cubrir. Dado que por la naturaleza de este estudio esto no es posible, se recurre a la base de datos del generador de precios de CYPE. En esta base de datos, se obtiene información acerca de las ventanas propuestas. En concreto, se especifica el precio del metro cuadrado de ventana como medida para realizar una primera



aproximación. De este modo, una vez conocido el precio del metro cuadrado de ventana, se deberá obtener el valor global de la superficie que ocupan las ventanas del bloque.

A continuación, se muestra el presupuesto correspondiente a la adquisición e instalación del metro cuadrado de ventana según el sistema planteado:

Triple acristalamiento "SAINT GOBAIN".			Precio por [m ²]	
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C1 Materiales				
m ²	Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN", conjunto formado por vidrio exterior PLANITHERM XN de 4 mm, con capa de baja emisividad térmica incorporada en la cara interior, dos cámaras deshidratadas rellenas de gas argón con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 16 mm de espesor cada una, vidrio intermedio PLANICLEAR incoloro de 4 mm y vidrio interior PLANITHERM XN de 4 mm, con capa de baja emisividad térmica incorporada en la cara exterior, para hojas de vidrio de superficie menor de 2 m ² ; 44 mm de espesor total.	1,006	87,48	88,00
Ud	Cartucho de 310 ml de silicona sintética incolora Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimiento aproximado de 12 m por cartucho).	0,290	2,47	0,72
m	Perfil continuo de neopreno para la colocación del vidrio.	1,667	0,90	1,50
Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1,000	1,26	1,26
			Subtotal materiales:	91,48
C2 Mano de obra				
h	Oficial 1 ^a cristalero.	0,340	20,27	6,89
h	Ayudante cristalero.	0,340	19,21	6,53
			Subtotal mano de obra:	13,42
C3 Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	104,90	2,10
Coste de mantenimiento decenal: 22,47€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):	107,00

Tabla 29: Tabla en la que se muestran los costes por metro cuadrado de las nuevas ventanas a instalar en el bloque.

De este modo, se define el coste del metro cuadrado de ventanas en 107 euros.

Con este dato, se pasa a calcular el número de metros cuadrados de ventanas. Para esto, se utilizará como apoyo el programa de simulación, en él se han definido cada una de las superficies de los distintos acabados de fachada, calculados sin tener en cuenta ventanas. Se realizará el sumatorio de todas estas superficies. Una vez obtenido este dato, se le restará los metros cuadrados de exclusivamente fachada, que proporciona el programa tras haber definido cada uno de los tipos de ventana con el número de unidades y sus cotas (dato usado para el cálculo del presupuesto de rehabilitación de fachada).



Este procedimiento es el que se ha seguido en la confección de la siguiente tabla:

	Superficie Neta [m ²]	Superficie exclusiva fachada [m ²]	Superficie Ventanas [m ²]
Fachada Blanca 1	891,24	699,565	191,67
Fachada Blanca 2	355,87	281,954	73,92
Fachada Blanca 3	43,56	39,960	3,60
Fachada Blanca 4	292,63	286,970	5,66
Fachada Blanca 5	811,91	587,590	224,32
Fachada Blanca 6	395,77	376,350	19,42
Fachada Blanca 7	113,89	56,520	57,37
Fachada Blanca 8	349,51	282,560	66,95
Fachada Verde 1	1350,24	1012,400	337,84
Fachada Verde 2	518,25	380,930	137,32
Fachada Verde 3	166,50	145,300	21,20
Fachada Verde 4	359,10	316,140	42,96
Fachada Verde 5	1008,80	587,284	421,52
Fachada Verde 6	361,44	312,670	48,77
Fachada Verde 7	163,80	66,690	97,11
Fachada Verde 8	515,46	378,140	137,32
Fachada Amarilla 1	1141,86	855,000	286,86
Fachada Amarilla 2	463,20	351,200	112,00
Fachada Amarilla 3	118,50	99,140	19,36
Fachada Amarilla 4	473,70	442,340	31,36
Fachada Amarilla 5	1278,87	942,500	336,37
Fachada Amarilla 6	480,06	446,480	33,58
Fachada Amarilla 7	121,20	40,240	80,96
Fachada Amarilla 8	468,84	356,960	111,88
	TOTAL VENTANAS [m²]:		2899,32

Tabla 30: Tabla en la que se muestra la obtención de la superficie total de ventanas del bloque.

Con esta tabla quedan definidos todos los parámetros necesarios para estimar el coste de la instalación de las nuevas ventanas. Conocido el valor de 2.899,32 metros cuadrados de ventanas, se puede obtener el coste con el valor de 107 euros por metro cuadrado de ventana.

Coste de la instalación de ventanas con triple acristalamiento:

$$C_{Ventanas} = C_{Unitario} \cdot Sup_{TotVentana}$$

$$C_{Ventanas} = 107 \left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right] \cdot 2.899,32 [\text{m}^2] = 310.227,24 [\text{€}]$$

Esta medida no solo mejorará las propiedades térmicas del bloque y disminuirá la demanda de calefacción. También supondrá una mejora del confort de los propietarios, dado



que se aislará de un modo más eficaz el ruido del exterior y se eliminarán las posibles condensaciones en los cristales interiores de la vivienda en los periodos en los que las temperaturas sean más severas y sea más propicia la aparición de este fenómeno.

Empleando este precio conjuntamente con el precio del aislamiento de fachada, quedaría definida esta medida de mejora. Para su introducción en el programa, se generará un informe con tres medidas de mejora distintas, donde se pueda evaluar las ventajas de instalar nuevas ventanas y mejorar el aislamiento de fachada por separado y de forma conjunta.

Con todo esto, se muestran los principales datos de este informe en el punto 8.1.2. Así mismo, se adjunta el informe generado por el programa, del mismo modo que en todas las medias propuestas durante el estudio, para permitir al lector acceder a mayor información o comprobar los datos prestados en la evaluación de la medida de mejora pertinente.

7.2.6. Uso de calderas de gas de condensación centralizadas.

Esta propuesta se sale del marco de búsqueda de las soluciones con mejores propiedades medioambientales posibles, pero entra en el marco de la mejora de la eficiencia energética. Con este tipo de instalación se podría proporcionar la energía necesaria para abastecer a todo el bloque sin ningún tipo de problema y se estarían explotando las altas eficiencias de este modelo de caldera.

La peculiaridad de estas calderas las hace capaces de condensar el vapor de agua que se genera durante la combustión del gas natural y de este modo, se está empleando el poder calorífico superior (PCI) del combustible, que de otro modo no sería posible. Esta ventaja las hace poseedoras de muy elevados rendimientos, superiores al 100 %. Pero para que esto ocurra, este tipo de calderas deberá trabajar con agua de retorno o de nueva aportación de la red de abastecimiento, con temperaturas cercanas a la de condensación del agua a la presión parcial a la que se encuentre el vapor de agua contenido en los humos. Dado que este vapor comparte medio con el resto de humos de la combustión, la presión parcial de esta agua no será la misma que la del conjunto y la temperatura de condensación será relativamente baja. Para poder aprovechar este tipo de calderas, se aconseja que el agua de recirculación llegue a la caldera a temperaturas cercanas a los 40 [°C]. Con todo esto, queda de manifiesto, que este tipo de calderas debería emplearse en sistemas de calefacción de baja temperatura. Esto pueden ser por ejemplo el uso de suelo radiante como emisores de calor en lugar de radiadores convencionales. Llevar a cabo la instalación de suelo radiante supondrá un gran sobre coste y molestias a los inquilinos de las viviendas y puede resultar poco atractivo para los propietarios. Pero esta podría ser una buena opción a evaluar, si se pudiese implementar en un bloque nuevo, en el que los costes de instalación de suelo radiante pueden ser menores y no supone ningún



tipo de molestia para los propietarios. Así mismo, eso aportaría valor a las viviendas dada la ganancia en confort para los usuarios.

Con todo esto, se podría plantear la siguiente posibilidad para aprovechar la efectividad de este tipo de caldera sin la necesidad de crear una nueva instalación de emisión de baja temperatura. Se planteará un circuito en el interior de la caldera por el que circule el agua de nueva aportación que pasará a ser el agua caliente sanitaria y transcurrirá por la instalación hasta los depósitos de acumulación. Por su parte, el agua recirculada del sistema de calefacción, entrará a temperatura de consigna, para salir a temperatura cercana a 70 grados.

Tras definir el funcionamiento de la caldera o calderas, para tratar de aprovechar todo su potencial, se pasa a llevar a cabo la elección del equipo o equipos necesarios para abastecer la demanda energética total del bloque.

En este caso, se buscan calderas de condensación capaces de abastecer al bloque. Se han encontrado dispositivos de 195 [kW] y de 260 [kW]. En este punto se plantea la opción de escoger tres calderas de mayor potencia, o cuatro de menor. Para resolver este planteamiento y llevar a cabo la elección correcta, este apartado considerará dos medidas de mejora, que evaluará por separado, para poder esclarecer cuál de ellas será la más beneficiosa en este caso. De este modo, se evaluará tanto el coste total de la medida como los periodos de amortización de las mismas y los marcadores energéticos proporcionados por CE3X (Emisiones de CO₂, Consumo de energía primaria no renovable, ...).

En este momento se pasa a evaluar el coste de compra e instalación de estas calderas. En primer lugar, se muestra el presupuesto de una unidad de caldera de condensación con una potencia de 195 [kW].



Presupuesto de compra e instalación de caldera de condensación de 195 [kW] según el generador de precios reconocido por el ministerio:

Caldera a gas, colectiva, de condensación, de pie, de hierro fundido.			Precio por unidad	
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C1 Materiales				
Ud	Caldera de pie, de baja temperatura, con cuerpo de fundición de hierro GL 180M y condensador exterior, para quemador presurizado de gas, potencia útil 195 kW, peso 860 kg, dimensiones 2568x880x1035 mm, con cuadro de regulación para la regulación de la caldera en función de la temperatura exterior, de un circuito de calefacción, del circuito de A.C.S. y del circuito de recirculación de A.C.S., con sonda de temperatura exterior, de 7 elementos ensamblados.	1,000	12538,90	12538,90
Ud	Quemador presurizado modulante para gas, de potencia máxima 225 kW, con encendido electrónico.	1,000	1950,00	1950,00
m	Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP545 según UNE 20324, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22.	10,000	0,26	2,60
m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	20,000	0,41	8,20
Ud	Válvula de seguridad, de latón, con rosca de 1/2" de diámetro, tarada a 3 bar de presión.	1,000	4,42	4,42
Ud	Purgador automático de aire con boya y rosca de 1/2" de diámetro, cuerpo y tapa de latón, para una presión máxima de trabajo de 6 bar y una temperatura máxima de 110°C.	2,000	6,92	13,84
Ud	Pirostato de rearme manual.	1,000	70,41	70,41
Ud	Desagüe a sumidero, para el drenaje de la válvula de seguridad, compuesto por 1 m de tubo de acero negro de 1/2" y embudo desagüe, incluso accesorios y piezas especiales.	1,000	15,00	15,00
Ud	Puesta en marcha del quemador para gas.	1,000	150,00	150,00
Ud	Material auxiliar para instalaciones de calefacción.	1,000	1,68	1,68
Ud	Material auxiliar para instalaciones de fontanería.	1,000	1,40	1,40
			Subtotal materiales:	14756,45
C2 Mano de obra				
h	Oficial 1º calefactor.	4,195	19,56	82,05
h	Ayudante calefactor.	4,195	18,01	75,55
			Subtotal mano de obra:	157,60
C3 Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	14914,05	298,28
Coste de mantenimiento decenal: 14.451,74€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):	15212,33

Tabla 31. Tabla en la que se muestra el presupuesto de compra e instalación de una caldera de gas de condensación de 195 [kW].

Conocido este precio de una sola caldera de 15.212 euros, se puede calcular el coste total de calderas de modo sencillo. Si se emplean cuatro de estas calderas, el bloque dispondrá de una potencia conjunta de 780 [kW]. El coste de cuatro de estos equipos es de 60.849 euros. Para considerar el coste total de la mejora, también habrá que tener en cuenta el coste de la instalación de distribución. Con este sobre coste, la medida asciende hasta un precio de unos **216.666 euros**.



Por su parte, el presupuesto para un equipo de caldera de condensación de 260 [kW] es el siguiente:

Caldera a gas, colectiva, de condensación, de pie, de hierro fundido.			Precio por unidad	
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C1 Materiales				
Ud	Caldera de pie, de baja temperatura, con cuerpo de fundición de hierro GL 180M y condensador exterior, para quemador presurizado de gas, potencia útil 260 kW, peso 1055 kg, dimensiones 2938x880x1035 mm, con cuadro de regulación para la regulación de la caldera en función de la temperatura exterior, de un circuito de calefacción, del circuito de A.C.S. y del circuito de recirculación de A.C.S., con sonda de temperatura exterior, de 9 elementos ensamblados.	1,000	14023,90	14023,90
Ud	Quemador presurizado modulante para gas, de potencia máxima 300 kW, con encendido electrónico.	1,000	2000,00	2000,00
m	Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP545 según UNE 20324, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22.	10,000	0,26	2,60
m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	20,000	0,41	8,20
Ud	Válvula de seguridad, de latón, con rosca de 1/2" de diámetro, tarada a 3 bar de presión.	1,000	4,42	4,42
Ud	Purgador automático de aire con boya y rosca de 1/2" de diámetro, cuerpo y tapa de latón, para una presión máxima de trabajo de 6 bar y una temperatura máxima de 110°C.	2,000	6,92	13,84
Ud	Pirostato de rearme manual.	1,000	70,41	70,41
Ud	Desagüe a sumidero, para el drenaje de la válvula de seguridad, compuesto por 1 m de tubo de acero negro de 1/2" y embudo desagüe, incluso accesorios y piezas especiales.	1,000	15,00	15,00
Ud	Puesta en marcha del quemador para gas.	1,000	150,00	150,00
Ud	Material auxiliar para instalaciones de calefacción.	1,000	1,68	1,68
Ud	Material auxiliar para instalaciones de fontanería.	1,000	1,40	1,40
Subtotal materiales:				16291,45
C2 Mano de obra				
h	Oficial 1º calefactor.	4,260	19,56	83,33
h	Ayudante calefactor.	4,260	18,01	76,72
Subtotal mano de obra:				160,05
C3 Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	16451,50	329,03
Coste de mantenimiento decenal: 15.941,46€ en los primeros 10 años.				Costes directos (1+2+3): 16780,53

Tabla 32. Tabla en la que se muestran los costes de adquisición e instalación de un equipo de calderas de gas de condensación de 260 [kW].

Conocido el precio de 16.780 euros por una caldera de mayor tamaño, se puede estimar que con el uso de tres de estos equipos se podrá proporcionar una potencia pico de 780 [kW], igual que en el caso anterior. Pero en este caso el coste total de los equipos es de 50.341 euros. En este caso también habrá que tener en cuenta el coste de la instalación de distribución calculada en el apartado 7.2.1. De este modo, el coste total será de **206.158 euros**.

Con toda esta información, es posible introducir las dos medidas de mejora en el programa de simulación. Estas medidas serán evaluadas posteriormente, enumeradas sus ventajas y se elegirá en caso de optar por este tipo de mejora cuál de las dos opciones sería la más adecuada.



UNIVERSIDAD
DE BURGOS

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTUDIO SOBRE HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS TÉRMICAS
Y ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES PARA MINIMIZAR
LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA**



ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA:



8. INTERPRETACIÓN DE LOS INFORMES, COMPARACIÓN Y ELECCIÓN DE MEJORAS DEFINITIVAS.

A lo largo de todo este apartado, se comentarán los informes obtenidos del programa de cálculo de eficiencia energética CE3X, de esos comentarios, se pasará a la toma de decisiones para llegar de un modo progresivo a la definición de la situación final del edificio.

La metodología para la elección de las medidas de mejora del bloque será la descrita en el primer punto de este estudio, en el apartado destinado a los objetivos. Se tratará básicamente de la elección de aquellas medidas más rentables y respetuosas con el medio ambiente, tratando de encontrar un equilibrio entre ambos aspectos.

8.1. Elección de medidas pasivas.

La primera comparación será la relativa a los aislamientos de la fachada. Para esto, se ha realizado un informe mediante CE3X en el que se ha introducido dos conjuntos de mejora. Uno de estos conjuntos, denominado “Fachada Ventilada KNAUF”, posee datos relativos a una fachada ventilada comercial. Como otra posible opción, se crea otro conjunto de medidas de mejora denominado “SATE Fachadas”. Este conjunto, propone como mejora de la envolvente del bloque la instalación de un aislamiento SATE por el exterior de la vivienda, cuyo coste será menor que el propuesto anteriormente para la fachada ventilada. Los datos relativos al precio de cada una de estas medidas se pasarán a definir a continuación:

8.1.1. Evaluación y elección de aislamiento de fachadas.

Presupuesto instalación fachada ventilada:

Esta fachada es de la casa comercial KNAUF y se especifican sus características en el generador de precios de CYPE. Para este estudio, se ha empleado esta fachada, con un montante de 100 [mm]. Su aislamiento térmico presenta una conductividad térmica de $0.034[\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}]$ y este tiene un espesor de 90 [mm].

Para este cerramiento, se calcularán los costes de materiales, de mano de obra y los costes directos complementarios. De este modo, se obtiene el precio del revestimiento de fachada por la instalación de un metro cuadrado. Para poder definir el coste total de la rehabilitación de la fachada, es necesario obtener el valor de la superficie total de fachada a revestir. Para esto, se emplean los valores proporcionados por el programa, dado que durante el proceso de simulación se han calculado las áreas de cada una de las fachadas, pero en estas no estaba descontado el área relativo a las ventanas. A este efecto, tras definir las fachadas, se definen



las ventanas en cada una de estas, especificando la cantidad de ventanas y su superficie unitaria, con lo que el programa es capaz de calcular el área real de las fachadas. Si se tuviese en cuenta la superficie de fachada sin descontar la de ventanas, el sobre coste esta mejora sería muy acusado y el estudio económico se desviaría demasiado de la realidad. Esta área, por tanto, será de 9344,9 [mm²].

A continuación, se muestra el presupuesto citado anteriormente:

Hoja principal de fachada ventilada, de entramado autoportante. Sistema Aquapanel "KNAUF".			[Precio el m ²]	
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C 1 Materiales				
m	Banda acústica de dilatación, autoadhesiva, de espuma de poliuretano de celdas cerradas "KNAUF", de 3,2 mm de espesor y 95 mm de anchura, resistencia térmica 0,10 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK).	1,200	0,48	0,58
m	Canal 100/40/0,7 mm GRC 0,7 "KNAUF" de acero Z4 (Z450) galvanizado especial, para sistema Aquapanel Outdoor. Según UNE-EN 14195.	0,700	2,98	2,09
m	Montante 100/50/2 mm GRC 2 "KNAUF" de acero Z2 (Z275) galvanizado normal, para sistema Aquapanel Outdoor. Según UNE-EN 14195.	2,750	8,76	24,09
m ²	Panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido de doble densidad, de 90 mm de espesor, resistencia térmica 2,6 m ² K/W, conductividad térmica 0,034 W/(mK), impermeable al agua de lluvia, Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1.	1,050	16,19	17,00
m ²	Lámina altamente transpirable impermeable al agua de lluvia, de polietileno tejido no hilado, Tyvek StuccoWrap "KNAUF", de 0,22 mm de espesor y 82 g/m ² , de 0,03 m de espesor de aire equivalente frente a la difusión de vapor de agua, según UNE-EN 1931, estanqueidad al agua clase W1 según UNE-EN 1928, (Euroclase E de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1), para colocar en sistemas de cerramientos y revestimientos de fachadas Aquapanel, suministrada en rollos de 1,50x75 m, según UNE-EN 13859-2.	1,100	4,37	4,81
m ²	Placa de cemento Portland Aquapanel Outdoor "KNAUF" de 12,5x1200x2400 mm, revestida con una capa de fibra de vidrio embebida en ambas caras.	1,000	23,62	23,62
Ud	Tornillo autopercutor Aquapanel Maxi TB "KNAUF" 4,2x25.	20,000	0,01	0,20
Ud	Fijación compuesta por taco y tornillo 5x27.	1,600	0,06	0,10
m ²	Placa de yeso laminado A / UNE-EN 520 - 1200 / longitud / 12,5 / con los bordes longitudinales afinados, Standard "KNAUF"; Euroclase A2-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1.	1,000	4,05	4,05
m ²	Placa de yeso laminado BV / UNE-EN 520 - 1200 / longitud / 15 / con los bordes longitudinales afinados, Standard + Aluminio "KNAUF"; Euroclase A2-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1.	1,000	9,31	9,31
Ud	Tornillo autopercutor TB "KNAUF" 3,5x25.	9,000	0,01	0,09
Ud	Tornillo autopercutor TB "KNAUF" 3,5x35.	18,000	0,01	0,18
kg	Pasta de agarre Perifix "KNAUF", de fraguado rápido (30 minutos), Euroclase A1 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1, rango de temperatura de trabajo de 5 a 30°C, para aplicación manual, según UNE-EN 13963.	0,100	0,53	0,05
kg	Pasta de juntas Jointfiller 24H "KNAUF", Euroclase A2-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1, rango de temperatura de trabajo de 5 a 30°C, para aplicación manual con cinta de juntas, según UNE-EN 13963.	0,500	1,14	0,57
m	Cinta microperforada de papel "KNAUF" de 50 mm de anchura, según UNE-EN 13963.	1,600	0,04	0,06
kg	Mortero de juntas Aquapanel Outdoor "KNAUF", color gris.	0,600	2,56	1,54
m	Cinta de juntas Aquapanel "KNAUF".	2,100	0,48	1,01
m	Cinta adhesiva de doble cara, con adhesivo acrílico, de 50 mm de anchura, con resistencia a los rayos UV, rango de temperatura de trabajo de -20 a 100°C, suministrada en rollos de 50 m de longitud.	1,600	0,45	0,72
			Subtotal materiales:	90,07
C 2 Mano de obra				
h	Oficial 1º montador de sistemas de fachadas prefabricadas.	0,283	19,56	5,54
h	Ayudante montador de sistemas de fachadas prefabricadas.	0,283	18,05	5,11
h	Oficial 1º montador de prefabricados interiores.	0,283	19,56	5,54
h	Ayudante montador de prefabricados interiores.	0,283	18,05	5,11
h	Oficial 1º montador de aislamientos.	0,058	19,56	1,13
h	Ayudante montador de aislamientos.	0,058	18,05	1,05
			Subtotal mano de obra:	23,48
C 3 Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	3,000	113,55	3,41
Coste de mantenimiento decenal: 19,88€ en los primeros 10 años.		Costes directos (1+2+3):		116,96

Ilustración 2. Tabla en la que se muestra el presupuesto para la instalación de un metro cuadrado de fachada ventilada.



Una vez conocidos todos estos datos, se puede obtener el precio total de la instalación de la fachada. Este precio es de:

$$Coste_{Fach_{ventilada}} = 116.96 \cdot 9344.9 = 1.092.979,5 \text{ €}$$

Presupuesto instalación fachada SATE:

En este caso se emplea un Sistema de Aislamiento Térmico Exterior. Esta fachada se compondrá por un aislante de 10 [cm] de espesor que cuenta con una transmitancia térmica de 0.031 [W/m·K]. Este aislante es de los denominados como Lana de Roca. En este caso, la marca comercial del aislamiento es Rockwool. Por su parte el acabado de la fachada será un monocapa estándar, donde los vecinos podrán mantener la estética inicial del bloque o cambiar el patrón de colores por otro distinto, manteniendo la diferenciación entre zonas en voladizo y las que no sobresalen de la línea de fachada de planta baja. En el caso de fachada ventilada, las opciones de modificación estética serían ligeramente mayores, pero esto no afecta a las propiedades aislantes del cerramiento).

En este caso se mostrará un presupuesto en el mismo formato que el empleado para obtener los costes de fachada ventilada. En este caso, el cálculo también se realiza para un metro cuadrado de fachada y se emplea el mismo valor de superficie total de fachadas para conocer el precio total de la rehabilitación.

En este caso, el precio del metro cuadrado supone un ahorro del 29,7% respecto a la instalación anterior. Esta es una reducción del coste significativa que afectará al periodo de amortización de esta medida. Del mismo modo, resulta mucho más atractivo a la hora de plantear una reforma como la que se propone, dado que es interesante reducir los costes lo máximo posible, dentro siempre de unos estándares de calidad y efectividad. Es por esto, que habrá que atender al estudio económico más en profundidad y evaluar las mejoras que ofrece cada tipo de aislamiento para tomar la decisión final.

Esta fachada, tiene un coste por metro cuadrado de 82.16 euros, de modo que el coste total de la rehabilitación será de:

$$Coste_{Fach_{ventilada}} = 82,16 \left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right] \cdot 9344.9[\text{m}^2] = 767.776,9 \text{ €}$$

**ESTUDIO SOBRE HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS TÉRMICAS
Y ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES PARA MINIMIZAR
LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA**

El presupuesto detallado de la fachada SATE se puede ver a continuación:

Sistema ETICS de aislamiento térmico por el exterior de fachadas.			[Precio el m ²]	
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C1	Materiales			
m	Perfil de arranque de aluminio, de 100 mm de anchura, con goterón, para nivelación y soporte de los paneles aislantes de los sistemas de aislamiento térmico por el exterior sobre la línea de zócalo.	0,170	2,70	0,46
m	Perfil de cierre superior, de aluminio, de 100 mm de anchura, para coronación de los paneles aislantes de los sistemas de aislamiento térmico por el exterior.	0,170	5,95	1,01
kg	Mortero tipo GP W2 T2, según UNE-EN 998-1, compuesto de cemento blanco, cal aérea, áridos ligeros, áridos calizos seleccionados, fibras naturales, aditivos y resinas en polvo, impermeable al agua de lluvia, permeable al vapor de agua y con resistencia al envejecimiento, para aplicar con llana, para adherir los paneles aislantes y como capa base, previo amasado con agua.	10,400	0,67	6,97
m ²	Panel de lana de roca volcánica, según UNE-EN 13162, de 100 mm de espesor, conductividad térmica 0,031 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1.	1,050	32,59	34,22
Ud	Taco de expansión de polipropileno, de 160 mm de longitud, para fijación de placas aislantes.	8,000	0,30	2,40
m ²	Malla de fibra de vidrio, antiálcalis, de 5x4 mm de luz de malla, de 0,6 mm de espesor, de 160 g/m ² de masa superficial y de 1x50 m, para armar morteros.	1,100	1,26	1,39
m	Perfil de esquina de PVC con malla, para refuerzo de cantos.	0,300	0,40	0,12
kg	Imprimación acrílica, compuesta por resinas acrílicas, pigmentos minerales y aditivos orgánicos e inorgánicos, impermeable al agua de lluvia y permeable al vapor de agua, para aplicar con brocha, rodillo o pistola.	0,220	3,15	0,69
kg	Mortero acrílico, color blanco, compuesto por resinas acrílicas, pigmentos minerales y aditivos orgánicos e inorgánicos, antimoho y antivertín, permeable al vapor de agua y con resistencia al envejecimiento, a la contaminación urbana y a los rayos UV, para revestimiento de paramentos exteriores.	2,500	2,84	7,10
m	Cordón de polietileno expandido de celdas cerradas, de sección circular de 6 mm de diámetro, para el relleno de fondo de junta.	0,170	0,06	0,01
Ud	Cartucho de masilla elastómera tixotrópica, monocomponente, a base de polímeros híbridos (MS), de color gris, de 600 ml, de alta adherencia, con elevadas propiedades elásticas, resistencia al envejecimiento y a los rayos UV, dureza Shore A aproximada de 25 y alargamiento en rotura > 600%, según UNE-EN ISO 11600.	0,020	8,24	0,16
			Subtotal materiales:	54,53
C2	Mano de obra			
h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,100	19,56	1,96
h	Ayudante montador de aislamientos.	0,100	18,05	1,81
h	Oficial 1ª revocador.	0,600	19,03	11,42
h	Ayudante revocador.	0,600	18,05	10,83
			Subtotal mano de obra:	26,02
C3	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	80,55	1,61
Coste de mantenimiento decenal: 9,10€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):	82,16

Tabla 33: Tabla en la que se muestra el presupuesto para la instalación de un metro cuadrado de fachada con sistema SATE y revestimiento monocapa.



Tras mostrar cada uno de los presupuestos de las distintas opciones, es el turno de pasar a evaluar cuales son los beneficios de cada una de las opciones propuestas energéticamente hablando y un estudio económico que muestre los años de amortización teóricos y el Valor Actualizado Neto de cada una de las dos medidas, si se consideran como una inversión.

Comparación de beneficios energéticos y económicos:

Si se atiende al primer informe de esta memoria, se puede ver como en primer lugar aparecen los datos de demanda energética del edificio en su estado inicial. Tras estos valores, aparecen los datos relativos a cada una de las mejoras propuestas. En primer lugar, se encuentra la información relativa a la fachada ventilada. En este caso, aparece información acerca de los consumos y emisiones, de modo que, si se combinan con información sobre el coste de la medida, se obtiene el siguiente gráfico comparativo:

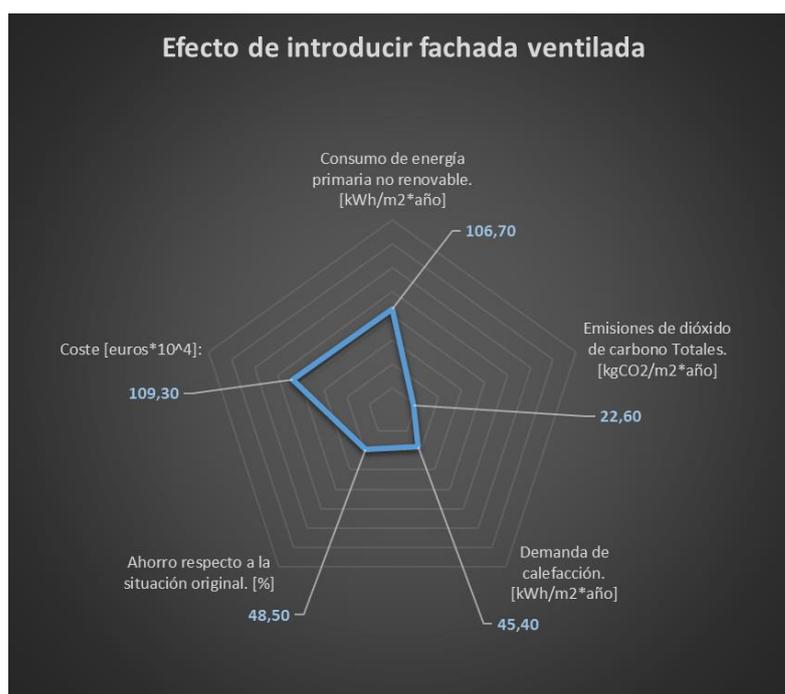


Figura 25: Gráfico con la información principal derivada de la situación producida tras mejorar la envolvente térmica del edificio empleando una fachada ventilada.



Si se repite esta operación para los datos proporcionados tras el estudio al realizar la mejora de la envolvente con un sistema de fachada SATE el gráfico será el siguiente:

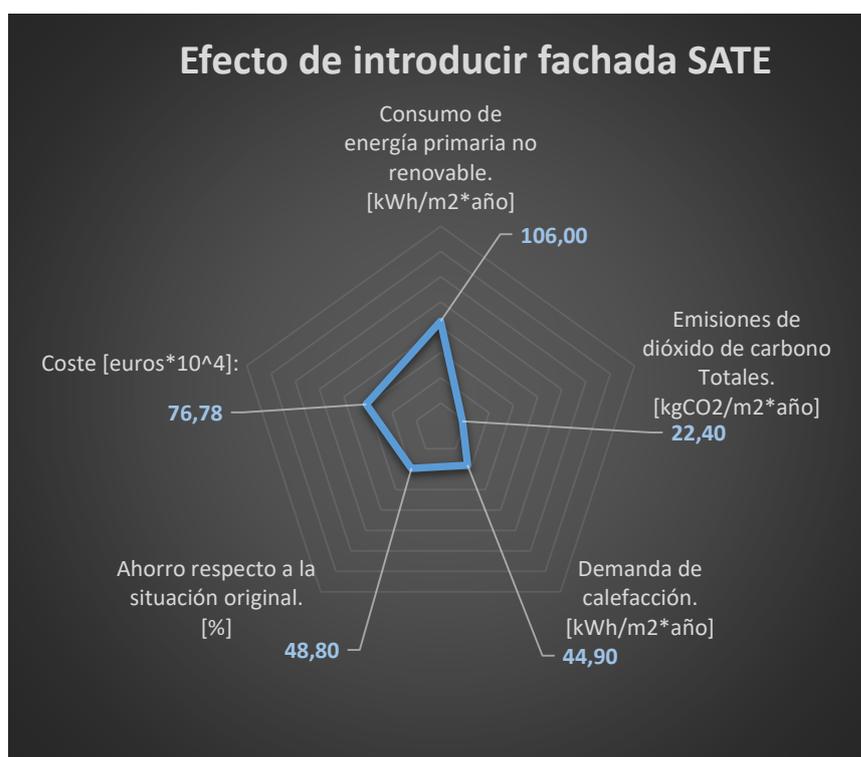


Figura 26: Gráfico con la información principal derivada de la situación producida tras mejorar la envolvente térmica del edificio empleando una fachada con sistema SATE, acabado monocapa.

Comparando ambos gráficos se pueden ver características en cuanto a la reducción de emisiones y consumo de energía similares, mientras que el coste de estas medidas difiere bastante, esto ya se resaltó durante la confección del presupuesto de cada una de las medidas. Este coste, junto con las reducciones de consumo energético, influyen de un modo importante en los periodos de amortización. Según la información aportada por el estudio económico de CE3X, donde se tiene en cuenta la inversión necesaria para efectuar la obra y los costes de la energía, el periodo de amortización de la fachada ventilada es de 8,3 años, con un VAN teórico suponiendo que la vida útil de la fachada sea de 50 años de: 11.437.482,4 euros. La fachada SATE, con una vida útil similar, ofrece un periodo de amortización de 5,8 años y un VAN teórico de 11.844.281,4 euros.



Este es el dato definitivo para realizar la elección final del aislamiento que se empleará en la rehabilitación de fachada. Se opta por la fachada SATE descrita en el apartado anterior. Esta ofrece las mismas propiedades energéticas que la fachada ventilada y cuenta a su favor con un coste mucho menor, lo que puede ser un plus para incentivar a los propietarios de la vivienda a realizar esta inversión.

8.1.2. Evaluación de modificación de las ventanas junto con mejora de envolvente térmica.

En esta evaluación se analizarán los datos proporcionados por el programa de simulación, tras definir la sustitución de las ventanas del bloque. Para que el estudio sea lo más completo posible y poder conocer cuál sería la máxima reducción de la demanda de calefacción que se puede obtener si se pretende realizar un importante desembolso. Este desembolso, como ya se ha explicado en el propio apartado de desarrollo de la medida de mejora, no solo mejorará las propiedades aislantes de la vivienda, también la sensación de confort en el interior.

Para poder evaluar cuál es la mejora que supone la sustitución de las ventanas por unas de mejores características, se presentará un gráfico con los principales parámetros de esta medida de mejora y se comparará con el obtenido en el estudio en el que se planteaba la implantación del sistema de aislamiento SATE. Del mismo modo, también se presentará el gráfico correspondiente a las dos medidas de mejora conjuntas. Este último caso mencionado será la opción de este estudio que presente una mayor reducción de demanda energética.



Gráfico en el que se puede ver los parámetros más representativos tras haber aislado la fachada:

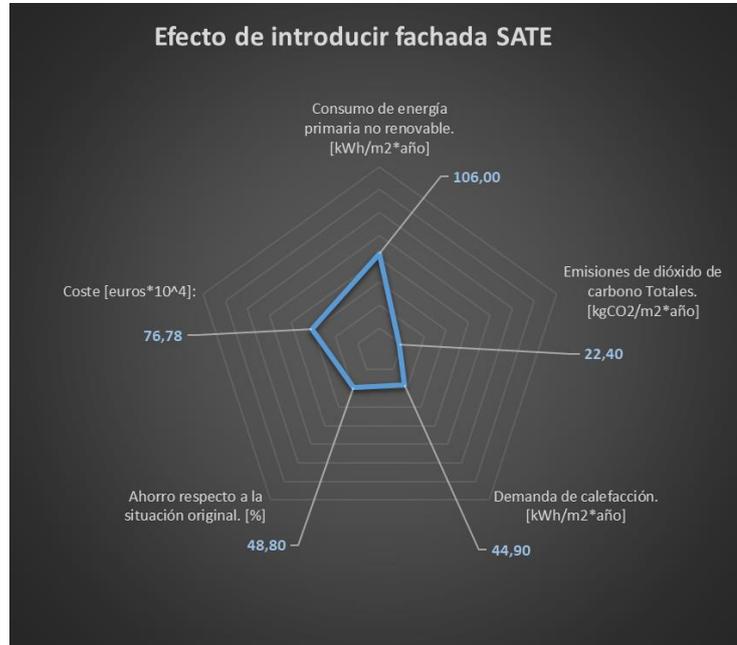


Figura 27: Gráfico con la información principal derivada de la situación producida tras mejorar la envolvente térmica del edificio empleando una fachada con sistema SATE, acabado monocapa.

Gráfico donde se muestra el remplazo de las ventanas:



Figura 28: Gráfico en el que se muestran las ventajas de la sustitución de las ventanas por unas nuevas de mejores propiedades.

Ventanas nuevas combinadas con aislamiento SATE:

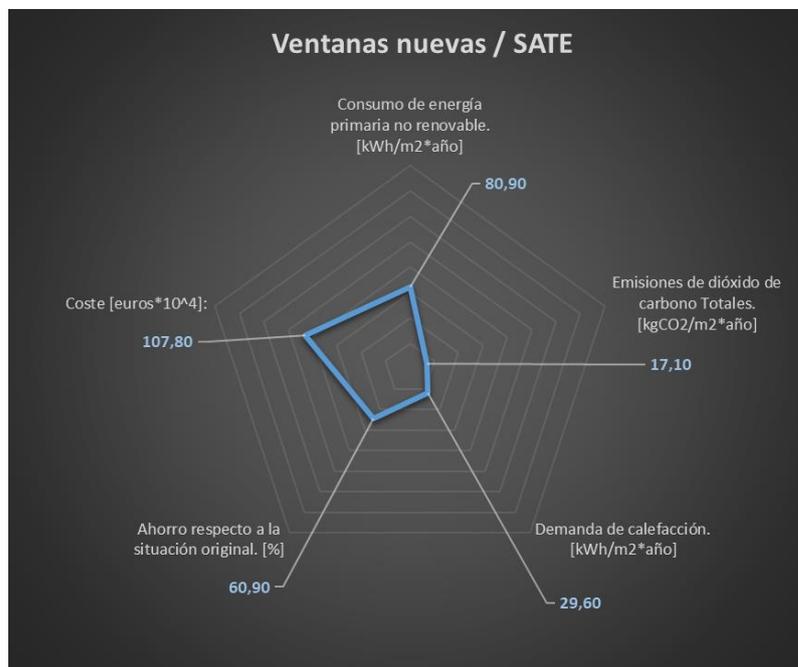


Figura 29: Gráfico en el que se muestran las ventajas de la sustitución de las ventanas por unas nuevas de mejores propiedades junto con el aislamiento de la fachada con sistema SATE.

Como se puede ver, la reducción de demanda de calefacción es bastante significativa, así como el ahorro respecto a la solución original. Con la comparación de ambos gráficos, queda patente la mejora que supone la instalación de las nuevas ventanas.

Tras esto, se pasa a mostrar los datos del estudio económico de este supuesto. En este caso, se ha supuesto una vida útil tanto para el aislamiento de fachada como para las nuevas ventanas de 50 años, dado que se plantea que puedan ser útiles durante toda la vida del bloque. Con estos datos, el programa afirma que el periodo de amortización de esta mejora será de 6,7 años, ofreciendo un VAN teórico de la inversión de 14.370.451,7 euros.

Todos estos datos son bastante significativos y podrían ser simplemente por si solos una gran mejora para el bloque, de este modo se conseguiría una calificación energética del edificio tipo C con un valor de 17.6 [kgCO₂/m²·año]. Cabe mencionar que esta mejora solo sería posible si todos los vecinos están de acuerdo. El coste por vecino sería de 4.958 euros y verían rentabilizada su inversión según el estudio económico proporcionado por CE3X y reconocido por el ministerio de 6,7 años (80,4 meses).



8.2. Evaluación de las opciones definidas para satisfacer la demanda energética.

En este apartado, se realizará el análisis de cada una de las distintas medias de mejora propuestas a lo largo del apartado “7.2. *Opciones para satisfacer la demanda energética.*” Para que este análisis cumpla con los objetivos fijados en el inicio del estudio, se emplearán gráficos comparativos como método para facilitar la comprensión de los resultados y aumentar su capacidad de divulgación.

En este caso, por ser todas las medidas englobadas en este apartado, relativas a la optimización del modo en el que se suministra la energía al bloque, no habrá variaciones en los datos relativos a la demanda de calefacción. En el punto anterior, se ha tenido en cuenta el valor de demanda energética de calefacción y se ha estudiado como uno de los parámetros determinantes. Eso se debe a que las medidas pasivas son las únicas que pueden causar efectos en dicha demanda. Por su parte, los métodos elegidos para satisfacer la demanda irán orientados a ofrecer la menor contaminación posible, al menor coste y con la mayor eficiencia, para favorecer de este modo la viabilidad económica del proyecto.

8.2.1. Evaluación de la opción de implantar calderas de biomasa junto con aislamiento térmico.

En este caso, se plantea la posibilidad de realizar una instalación en la que se abastezca de energía al edificio mediante varias calderas de biomasa. En este caso se está estudiando cuál será la mejor opción a la hora de dimensionar estas calderas. En este caso, se ha planteado la instalación de dos calderas semejantes y la de dos calderas con potencias distintas. Si se consultan los datos obtenidos tras introducir cada una de las medidas de mejora en el programa de simulación, se puede observar los efectos de cada una de las mejoras en la eficiencia del bloque.

Si se atiende al estudio económico, los resultados obtenidos han sido los siguientes:

En el caso en el que se planteaba una instalación con calderas de potencias semejantes, el periodo de amortización se ha establecido en 11,4 años con un VAN teórico de 14.712.474 euros. Para esto, se ha supuesto una vida útil de la instalación de 15 años y del aislamiento SATE de 50 años.

En el caso en el que se planteaba el uso de dos calderas de biomasa con distintas potencias, donde la pequeña tenía un tercio de la potencia de la grande, el periodo de amortización de la medida ha sido de 10.8 años y el VAN teórico de 15.084.249 euros. Para



esto, se ha supuesto una vida útil de la instalación de 15 años y del aislamiento SATE de 50 años.

Tras definir el tipo de aislamiento que se empleará en la fachada, la demanda de calefacción ha quedado definida en un valor mucho menor que el necesario en la situación inicial, pero será un valor fijo, siempre que se emplee el mismo tipo de aislamiento, o no se aporten nuevas modificaciones de la envolvente. Debido a esto, entre los datos a los que se prestará atención en esta comparación, ya no aparecerá a la demanda de calefacción. En este caso, se pasará a sustituir este dato en la comparación, por el periodo de amortización de cada medida de mejora.

Para la comparación de cada una de estas medidas se presentan los siguientes gráficos:

Gráfico comparativo que muestra la medida de mejora en la que se propone el uso de dos calderas de biomasa con una potencia semejante:

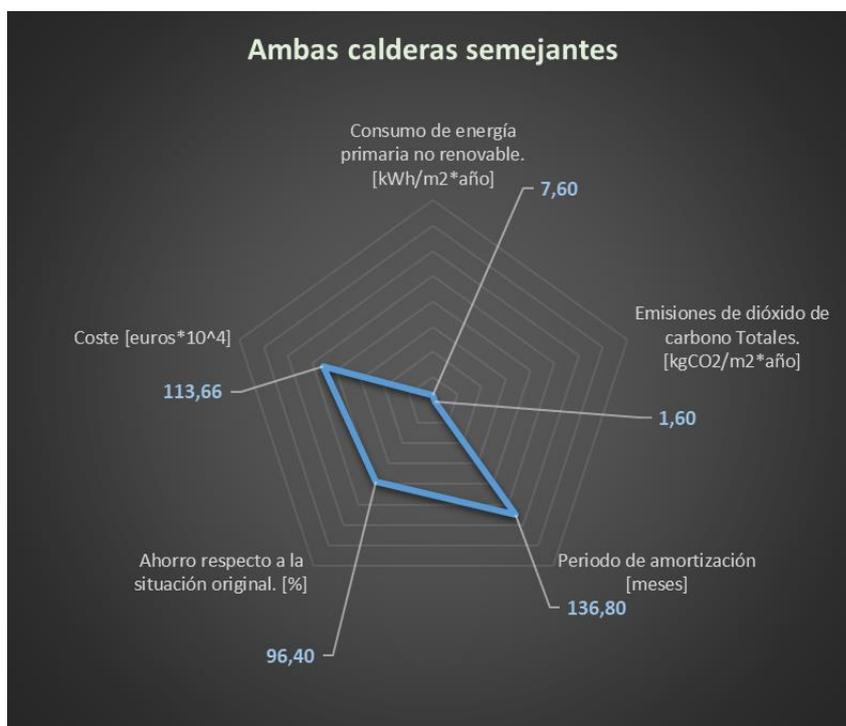


Figura 30: Gráfico que recopila los datos proporcionados por CE3X relativos a la medida de mejora con aislamiento y dos calderas con potencias semejantes.



Gráfico comparativo que muestra la medida de mejora en la que se propone el uso de dos calderas de biomasa con una potencia distinta, en la que la caldera de menor potencia supone un tercio de la demanda energética total del bloque:

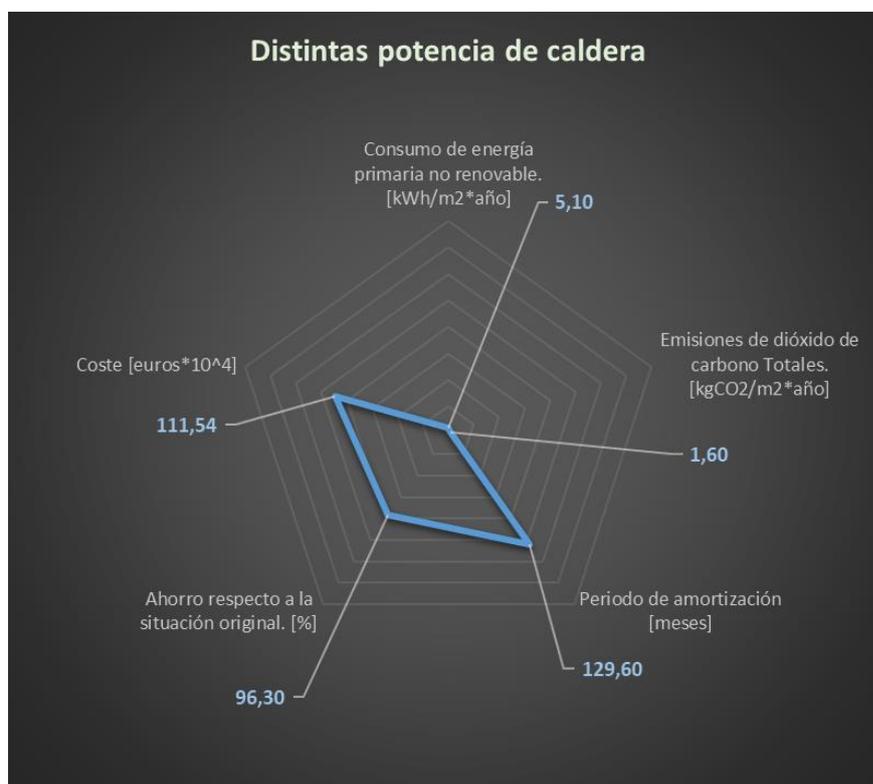


Figura 31: Gráfico que recopila los datos proporcionados por CE3X relativos a la medida de mejora con aislamiento y dos calderas con distintas potencias.

Si se presta atención a los gráficos mostrados anteriormente, se pueden ver ciertas diferencias en sus datos. La opción en la que se plantean calderas de biomasa con potencias de 250 [kW] y 500 [kW] presenta mejores valores en todos los marcadores presentados, excepto en las emisiones de dióxido de carbono totales y en el ahorro de energía.

Según se planteó durante la definición de estas medidas, ha resultado beneficioso el hecho de emplear dos calderas de distintos tamaños, tratando que la menor sea capaz de abastecer completamente la demanda de la instalación durante las temporadas de mejores condiciones climáticas. De este modo, se pueden aprovechar los puntos de mejor rendimiento de cada una de las calderas y de las dos conjuntas. Esto quiere decir que habrá tres zonas en las que las calderas trabajarán en su punto de máxima eficiencia. Esto no ocurre en la situación con calderas semejantes, los puntos de máxima eficiencia están tan cerca entre ellos que no se llega a aprovechar sus ventajas. No supone el mismo consumo, ni emisiones (que en este caso se consideran prácticamente nulas por la naturaleza del propio combustible) el uso de una caldera



de 320 [kW] en los meses de verano, cuando se puede trabajar y dar servicio al bloque de forma suficientemente holgada con una caldera de menor tamaño.

Por todo esto, se concluye que de entre las propuestas planteadas en este apartado, la más beneficiosa será la que disponga de una instalación de calderas de biomasa con dos equipos de distintas potencias, una caldera principal de 500 [kW] y una caldera de apoyo de 250 [kW].

8.2.2. Evaluación de la medida que propone el uso de bombas de calor para producción de ACS y caldera de biomasa para calefacción.

Esta medida parte de las conclusiones obtenidas hasta este momento. En primer lugar, se cuenta con el tipo de aislamiento que se pretende emplear, mientras que se conoce cuál será la mejor configuración para definir los equipos de biomasa. En este caso, dado que se pretende abastecer la demanda de ACS mediante un tipo de tecnología distinta, se podrá reducir la potencia de los equipos de calderas de biomasa.

Se estudiará una única medida de mejora, que se comparará con cada una de las propuestas a fin de evaluar cuál puede ajustarse mejor a los objetivos de este estudio.

Para la presentación de sus valores y sus datos definitivos, primero se hablará acerca de la información económica. En este caso, se ha fijado una vida útil de los equipos de bombas de calor y de calderas de 15 años, para la modificación de fachada se han supuesto 50 años (se estima que tendrán la misma vida útil que el propio edificio). Conociendo este dato y el coste total aproximado de la mejora, el programa estima el periodo de amortización de la medida en 14,3 años. Por su parte, el VAN Teórico de la inversión será de 14.114.795 euros.



A continuación, se presenta el gráfico con los marcadores de esta propuesta proporcionados por el programa, estos serán los mismos que en el caso anterior.

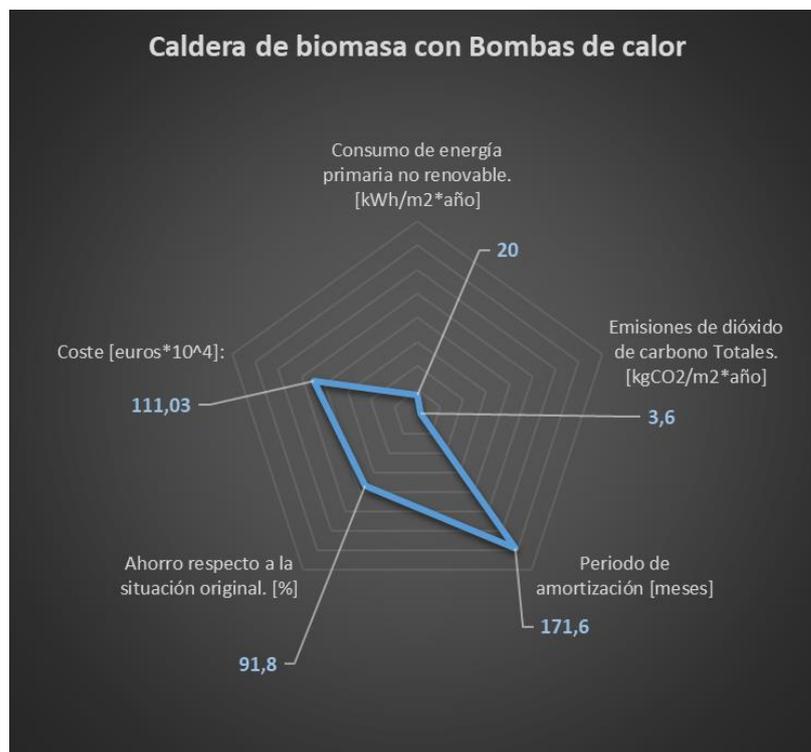


Figura 32: Gráfico que muestra las características de la opción en la que se emplean bombas de calor como medio de producción de ACS y calderas de biomasa para el suministro de calefacción.

Con estos datos, se puede ver como esta opción podría llegar a ser viable desde el punto de vista medioambiental, pero esto se debe completamente al efecto que produce sobre la demanda del bloque las calderas de biomasa. Si se presta atención, se puede ver como en este caso aumenta el consumo de energía no renovable, así como las emisiones de carbono totales. Estas variaciones no son de extrañar, dado que se ha propuesto la instalación de un tipo de fuente de energía considerada renovable, como son las bombas de calor, cuya fuente de energía es la electricidad, la cual conlleva una clara y alta huella de carbono asociada a su producción.

Con todo esto, se puede ver claramente, que, no todo tipo de métodos de producción de energía pueden combinarse. Hay combinaciones, en las que un método de producción penaliza a otro, quedando la composición lastrada por el de peores características. La conclusión que se desprende, por tanto, es que para que una medida sea apropiada, todos sus componentes deben beneficiarse mutuamente y ofrecer ventajas orientadas en la misma dirección.



8.2.3. Evaluación de instalaciones con apoyo solar.

En este caso, se han recogido tres medidas de mejora con distintas modificaciones, en un mismo informe de mejora. Esto, se ha realizado tratando de ver la evolución del bloque y como responde ante la introducción de distintas mejoras que afecten a su eficiencia y permitan reducir costes a los propietarios. Estas medidas presentan valores muy distintos en cuanto a costes totales de implementación, algo completamente normal, dado que se trata de precios acumulativos, se irán sumando costes a las distintas mejoras, según estas presenten un mayor número de componentes.

Para un mayor dinamismo en la presentación de esta memoria, se presentará cada una de las medidas de mejora, indicando de un modo conciso los cambios que supone cada una de ellas y los resultados del estudio económico.

Apoyo solar simple.

Este es el caso inicial, puede ser el más sencillo de realizar y aportar unos beneficios importantes. Aquí solo se plantea el uso de colectores solares para el suministro de ACS. Esta opción podría ajustarse y satisfacer porcentajes de ACS diversos, a gusto del usuario.



Figura 33: Gráfico comparativo que muestra las consecuencias de instalar colectores solares en la cubierta del bloque.



Apoyo solar con aislamiento de la fachada.

Esta medida puede ser más recomendable que la anterior, dado que se reduce de un modo realmente acusado el consumo de energía no renovable y se aumenta el ahorro. Como consecuencia, el coste de la medida es ciertamente más alto, así como su periodo de amortización, por la necesidad de compensar el peso económico de la instalación del aislamiento de la fachada.

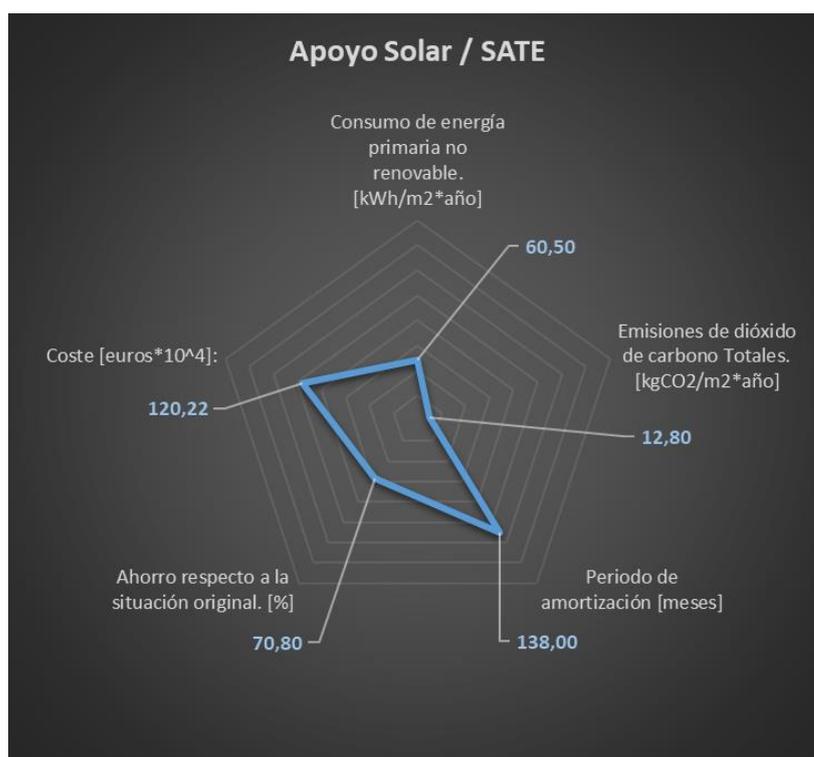


Figura 34: Gráfico comparativo que muestra las consecuencias de la instalación de colectores solares complementados con el aislamiento de la fachada del bloque.



Apoyo solar con aislamiento de fachada y uso de calderas de biomasa para reducir las emisiones.

Esta será la medida más completa de este informe, en ella se recogen todas las opciones que pueden hacer que el bloque de viviendas reduzca al máximo su contaminación, su demanda energética y maximice su ahorro. En este caso, se plantea el uso de colectores solares para producción de ACS y calderas de biomasa para apoyarlos en periodos de invierno o falta de sol, así como para la producción de energía para la calefacción. Todo esto completado con una mejora del aislamiento de la fachada.

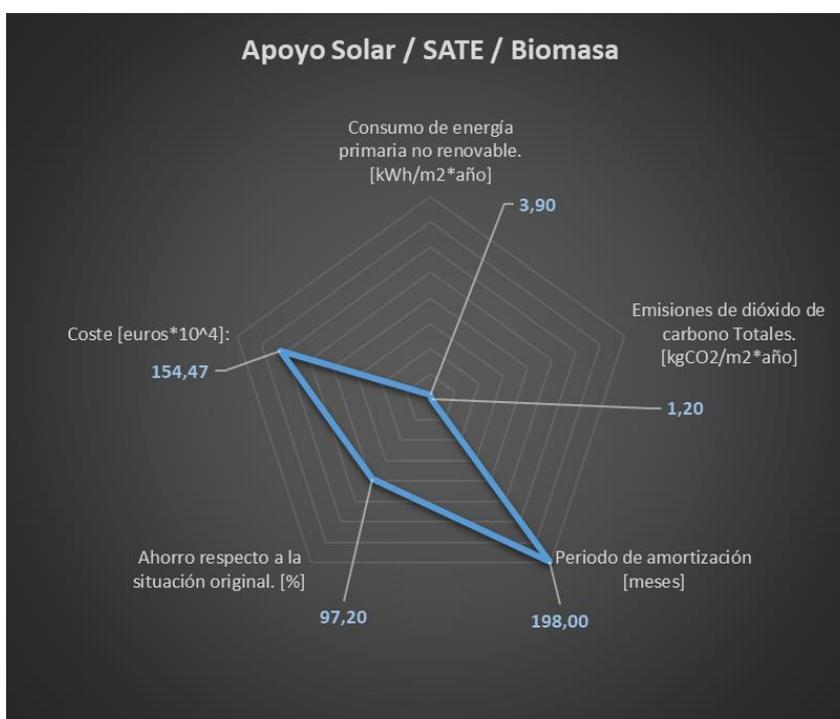


Figura 35: Gráfico comparativo en el que se muestran cada uno de los marcadores estudiados en las distintas medidas de mejora, en este caso se muestran las consecuencias de la instalación conjunta de colectores solares, aislamiento de fachada y caldera central de biomasa.

Como se observa en los gráficos, esta medida es la más completa. Comparándola con las planteadas hasta el momento, es la que ofrece mayores ventajas medioambientales. Presenta el consumo de energía primaria no renovable más bajo del estudio, así como emisiones de CO₂. Todo esto, combinado con un coste no muy desorbitado y con un periodo de amortización razonable, deja patente que esta se trata de la mejor medida de mejora propuesta durante este estudio, atendiendo a los objetivos fijados desde un principio.



8.2.4. Evaluación de instalación con turbina de cogeneración.

Durante la recopilación de datos para introducir esta mejora, se ha podido ver ligeramente cuáles son sus ventajas. En esta situación, se está produciendo energía eléctrica de un modo relativamente barato, donde se eliminan las pérdidas de transporte que aparecen cuando se consume energía de centrales convencionales. Así mismo, esto supone beneficios para los propietarios, dado que pueden consumir la electricidad que generan cuando el motor está encendido, algo que resulta interesante ahora que las tarifas de la luz han fijado rangos horarios en los que sus precios son más elevados. Si se cuenta con uno de estos dispositivos, se puede programar su encendido para rellenar los tanques de acumulación, priorizando encendidos durante las horas en las que la electricidad sea más cara y apagándolo cuando esta sea más barata. Con esto, la electricidad que no se consuma, se podrá vender, inyectándola en la red, siempre que se tenga un acuerdo con una compañía eléctrica, que el dispositivo esté conectado a la red y disponga de un contador que verifique la cantidad de energía suministrada.

Para que esta evaluación sea completa, se han planteado dos situaciones distintas. En una de estas situaciones, se propone el uso de aislamiento de fachada, mientras que en la otra este no se introduce como medida de mejora. Así mismo, ambas medidas contarán con uso de caldera de biomasa para suplir las limitaciones del motor de cogeneración.

En este caso, los informes obtenidos se presentan en su apartado correspondiente y ahora se pasará a mostrar las diferencias entre los dos escenarios propuestos. Pero antes de esto es importante destacar que ambas medidas cuentan con calderas de biomasa apoyando al motor de cogeneración.



Aquí se muestran las consecuencias del caso en el que se emplea el motor de cogeneración como método de producción energética para abastecer la demanda de ACS

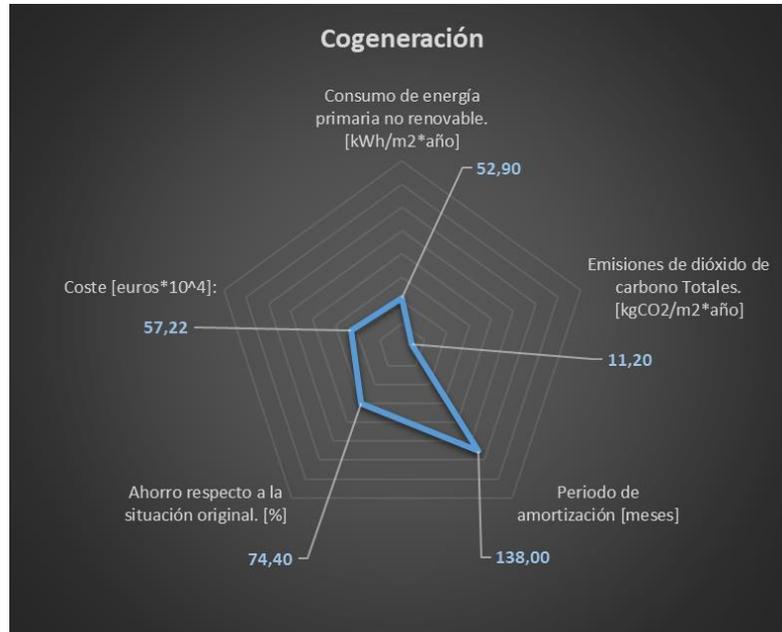


Figura 36: Gráfico comparativo que muestra las consecuencias de introducir un motor de cogeneración en el bloque de viviendas.

En este caso, se complementa el anterior con aislamiento de fachada:

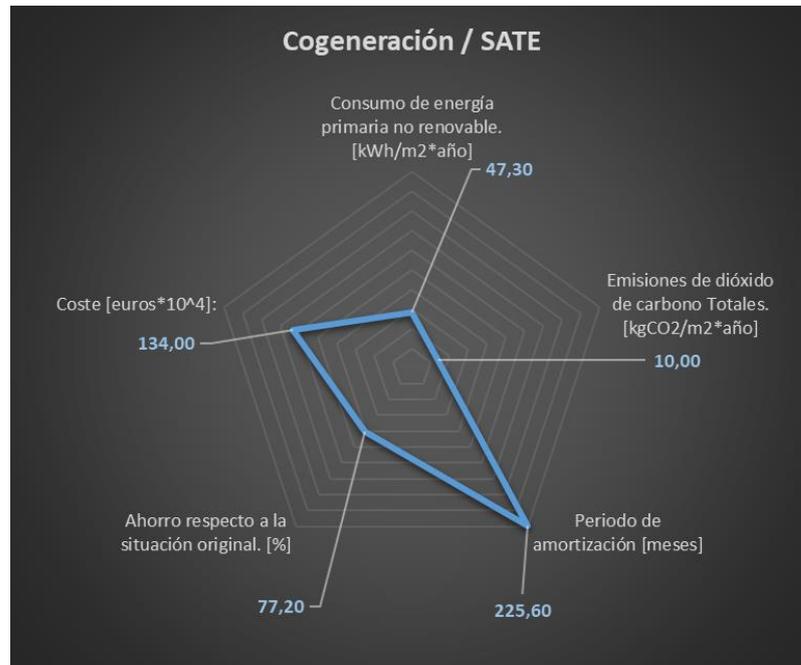


Figura 37: Gráfico comparativo que muestra las consecuencias de introducir un motor de cogeneración en el bloque de viviendas, complementado con la adición de aislamiento térmico en fachada, para reducir la demanda energética.



8.2.5. Evaluación de uso de calderas de gas de condensación centralizadas

En este apartado se evaluarán las distintas ventajas de la implementación de una caldera de condensación. Para la introducción en la herramienta de comparación de medidas, se ha definido una caldera de condensación de gas natural. Tras buscar información de distintas calderas, con potencias semejantes a las escogidas del generador de precios, pero que ha resultado imposible obtener presupuestos para su compra, se ha optado por definir los costes mediante la herramienta indicada en el apartado en el que quedó definida la medida. Los datos técnicos de la caldera, se han obtenido de catálogos de fabricantes de este tipo de equipos como Bosch. Los rendimientos de las calderas se han obtenido de un equipo de esta marca comercial. Desde los folletos publicitarios de la marca, explican que sus calderas son capaces de ofrecer rendimientos del 110 % en sus equipos, siendo capaces incluso de trabajar a cargas parciales con rendimientos muy cercanos al indicado. También se especifica que los rendimientos son mejores cuando la caldera trabaja con una carga menor, siendo capaces de funcionar en el rango de potencias desde el 20 hasta el 100 % de su capacidad.

Los datos económicos de cada una de estas medidas son los siguientes. Según lo establecido para los periodos de vida útil de cada una de las mejoras mostrados anteriormente, los periodos de amortización y datos sobre la rentabilidad económica de cada una de las propuestas. Para la situación en la que se plantea el uso de calderas con una potencia de 195 [kW] el periodo de amortización simple es de 8,7 años u el VAN teórico de la inversión de 14.846.647 euros. Por su parte, en el caso que se plantean calderas de 260 [kW], el periodo de amortización simple es de 8,6 años y el VAN teórico de la inversión de 14.810.837 euros.

Tras mostrar los datos económicos se pasa a presentar los distintos gráficos con cada uno de los datos más representativos obtenidos de los informes.



Gráfico que muestra las consecuencias de efectuar una reforma del bloque mediante aislamiento de fachada y calefacción centralizada con calderas de condensación de gas natural de 195 [kW]:

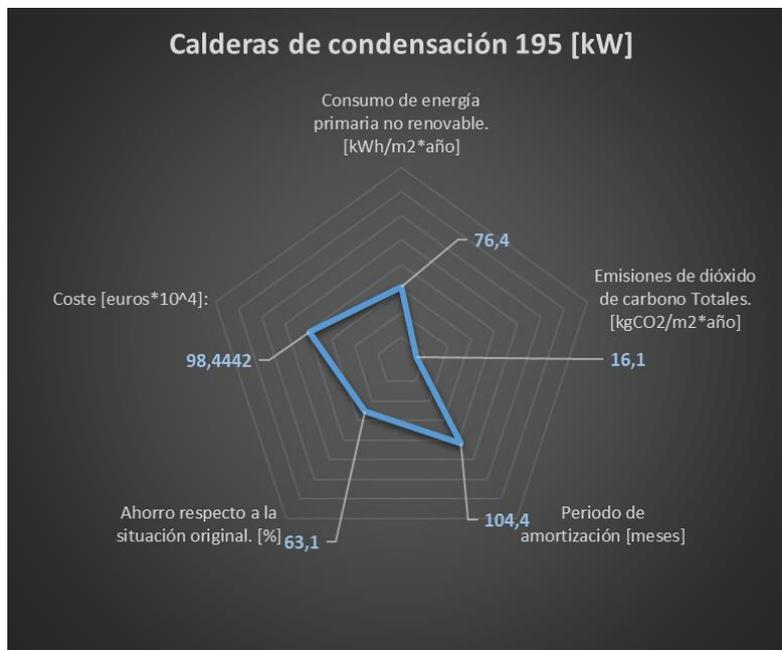


Figura 38: Gráfico que muestra los datos relativos a la mejora que propone la introducción de calderas de condensación de 195 [kW].

Gráfico que muestra las consecuencias de efectuar una reforma del bloque mediante aislamiento de fachada y calefacción centralizada con calderas de condensación de gas natural de 260 [kW]:

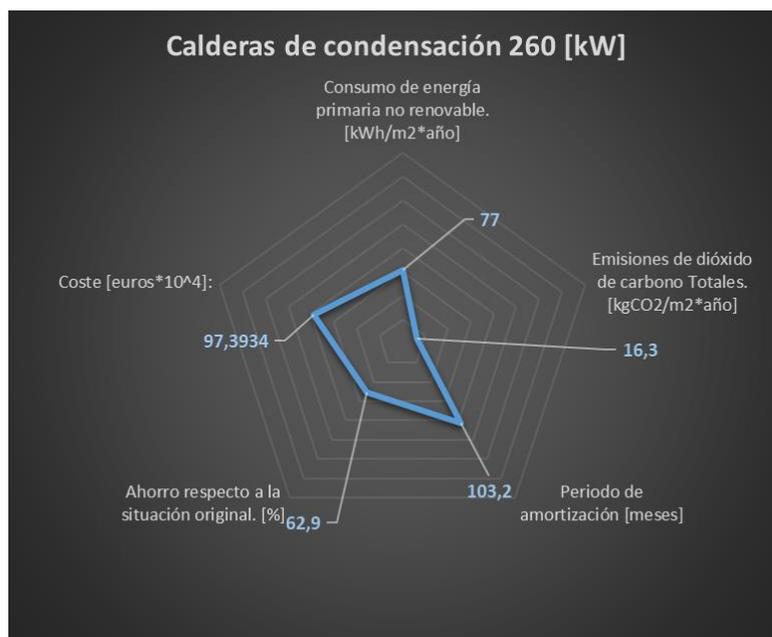


Figura 39: Gráfico que muestra los datos relativos a la mejora que propone la introducción de calderas de condensación de 195 [kW].



Si se presta atención a los gráficos del informe acerca de las consecuencias de la implementación de un sistema de aislamiento de fachada SATE, se puede ver como el parámetro correspondiente al ahorro respecto a la situación original era de un 58.1 %. De este modo, se puede ver de forma sencilla, cual es el dato específico de cada una de las medidas evaluadas en cada uno de los puntos anteriores. Esta será la diferencia entre la que presente cada uno y la obtenida por la medida que contempla el aislamiento de fachada.

Comparando los gráficos de cada una de las medidas de mejora introducidas en este conjunto de medias, no se aprecian diferencias a simple vista. En este caso, si se presta atención a los datos económicos, se ve como la medida ligeramente más barata, será la que presente un periodo de amortización ligeramente más corto, pero esto no supone demasiada diferencia, de modo que no será un dato significativo. Así mismo, si se presta atención a los datos energéticos y de emisiones de dióxido de carbono, se ve como la opción con menor número de calderas, es ligeramente mejor en ambos aspectos. Este motivo puede ser el ahorro que supone el uso de una caldera menor durante los meses de verano para la producción de ACS, que es completamente capaz de aportar la energía necesaria de una forma holgada y trabajando de este modo a cargas parciales, lo que por tanto supone una mayor eficiencia energética y rendimiento.

Una vez mostrada la leve diferencia entre ambas situaciones, se podría dejar en manos del cliente la elección de la medida que quiere implementar, dado que una supondrá un ligero ahorro económico, mientras que la otra unas leves mejoras medioambientales.



9. MUESTRA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN CE3X.

Para este efecto, se adjuntará cada uno de los estudios proporcionados por el programa definiendo cada uno de estos por el número de conjunto de mejora en el que esté englobado. El número de este conjunto se corresponderá con el tercer número de cada uno de los puntos desarrollados en el apartado 7.2. y 8.1. de este mismo estudio.

Se incluirá entre estos informes, en primer lugar, el estudio del bloque en el que se muestra la situación inicial del mismo.

Estos informes son un documento oficial y están reconocidos por el ministerio como documento de certificación energética.



10. CONCLUSIONES.

Tras el desarrollo de todo el estudio, se ha podido mostrar qué tipo de ventajas ofrece cada una de las opciones disponibles actualmente a la hora de la rehabilitación de edificios, cumpliendo siempre con las exigencias impuestas por la legislación actual en cada caso.

Han quedado patentes cuales son las mejoras que proporcionan una mayor reducción del consumo energético a un menor precio, sin olvidar que todos los resultados y valores mostrados durante la ejecución del estudio son valores aproximados. La intención de este estudio no es la de rehabilitar un bloque de viviendas ni ofrecer un presupuesto de su rehabilitación, en este estudio se ha tratado simplemente de mostrar a grandes rasgos, cuáles son las opciones disponibles y evaluarlas, ponderando cada una de ellas hasta poder distinguir cuáles son las más adecuadas y cuáles no lo son.

En este momento, se pasa a explicar cuáles han sido las principales conclusiones a las que se puede llegar tras la ejecución de este estudio, así como las opciones planteadas como medidas de mejora que más se adecuan a los objetivos de este estudio:

El aislamiento de la fachada, aporta unos periodos de amortización de la inversión relativamente cortos, supone prácticamente nulas molestias para los propietarios de las viviendas afectadas y tiene un impacto positivo y notable sobre el consumo energético del bloque. Esto hace a esta mejora una muy buena opción para la ciudad de Burgos, dado que está proliferando el número de obras orientadas a este tipo de mejora, motivados por el ahorro en la factura de calefacción y la mayor sensación de confort durante los periodos de invierno.

Por su parte, los equipos de biomasa presentan grandes ventajas medioambientales. Estos son capaces de abastecer de forma holgada la demanda del bloque si se desea, dado que se producen equipos orientados a la industria con potencias realmente altas. Del mismo modo, permiten un fraccionamiento de la potencia de las calderas, para beneficiar el rendimiento de los equipos trabajando a ciertos regímenes. El uso de este tipo de dispositivos, todavía no se ha implementado en los núcleos urbanos, dado que en un primer momento el abastecimiento del combustible puede resultar algo complicado. Pero, se trata de un producto de desecho, procedente de actividades agrícolas como puede ser el hueso de la aceituna u otro tipo de biocombustibles. Este combustible, también proviene de las podas de los bosques, que permiten que estos tengan un mejor aspecto y disminuye los riesgos de incendio entre muchas otras ventajas. Cabe destacar, que pese a que no existan grandes distribuidoras de biomasa en ciudades para abastecer a cierto número de clientes con calderas como las que se proponen en este estudio, sí que existen distribuidores de biomasa y en este momento es un recurso al que se puede acceder con relativa facilidad. Este es un mercado con muchas posibilidades de



expandirse, que, en caso de hacerlo, hará la competencia a fuentes convencionales durante los últimos años, como es el gas natural. Esto es algo positivo, dado que el consumo de biomasa nacional, fomenta la creación de puestos de trabajo, reduce la compra de gas de países extranjeros, propiciando de este modo la reducción de la dependencia energética de otros países exportadores de energía.

La medida de mejora que más se ajusta a los objetivos establecidos es aquella que presenta unas mejores características medioambientales, lo que consigue sin presentar un coste descabellado. Es algo razonable que la medida mencionada supone un gran desembolso, pero también supondrá un gran impacto en la vida de los propietarios, mejorando su confort, reduciendo los costes de sus facturas de calefacción y aumentando el valor de mercado de sus viviendas. Esta medida es, como ya se ha expresado durante su evaluación, aquella que presenta el aislamiento de la fachada, combinado con la instalación de colectores solares en cubierta y que garantiza el suministro energético con caldera de biomasa.

Para completar el estudio y aportar un último recurso en el que apoyar la conclusión ofrecida acerca de cuál es la mejor opción para la rehabilitación del bloque se muestra la siguiente tabla:

Medidas de Mejora	Dda. Cal.	Emis. Cal.	Emis. ACS	Emis. Globales	Ahorro
CASO BASE	108.3 D	36.8 E	7.0 G	43.8 E	-
Fachada Ventilada KNAUF.	45.4 C	15.4 C	7.0 G	22.6 C	48.5%
SATE Fachadas.	44.9 C	15.2 C	7.0 G	22.4 C	48.8%
Biomasa densificada centralizada con equipos Iguales.	44.9 C	0.9 A	0.4 A	1.6 A	96.4%
Biomasa densificada centralizada con equipos de distinta potencia	44.9 C	1.0 A	0.5 A	1.6 A	96.3%
Instalación calderas de biomasa con apoyo de bombas de calor.	44.9 C	1.0 A	2.4 C	3.6 A	91.8%
Nueva instalación de ventanas junto con aislamiento de fachada.	29.6 B	10.0 B	7.0 G	17.1 C	60.9%
Instalación con calderas de condensación. 195	44.9 C	10.8 B	5.2 E	16.1 C	63.1%
Instalación con calderas de condensación. 260	44.9 C	10.9 B	5.2 F	16.3 C	62.9%
Cogeneración para uso exclusivo de ACS	108.3 D	2.4 A	0.1 A	11.2 B	74.4%
Cogeneración para uso exclusivo de ACS Con SATE	44.9 C	1.0 A	0.1 A	10.0 A	77.2%
Biomasa densificada/Distintas y Cogeneración	44.9 C	1.0 A	0.1 A	10.0 A	77.2%
Apoyo solar	108.3 D	29.7 D	0.3 A	30.0 D	31.5%
Apoyo solar con aislamiento de fachada.	44.9 C	12.3 B	0.3 A	12.8 B	70.8%
Apoyo solar con aislamiento de fachada y calderas de Biomasa	44.9 C	1.0 A	0.1 A	1.2 A	97.2%
Nueva instalación de ventanas.	98.5 D	33.5 E	7.0 G	40.4 E	7.6%

Tabla 34: Tabla en la que se recogen todas las medidas de mejora propuestas durante el estudio y en la que se pueden comparar fácilmente entre ellas y con la situación inicial.

El porcentaje recogido como ahorro hace referencia al porcentaje de ahorro en emisiones globales de CO₂ respecto de la situación inicial del bloque. En el apartado “Emisiones Globales” se muestra la etiqueta que acompañaría al bloque en cada uno de los casos propuestos. Es interesante ver como en el apartado de “Demanda de Calefacción” se obtiene la mejor etiqueta en el único caso en el que se han planteado conjuntamente dos medidas pasivas orientadas a disminuir dicha demanda (Aislamiento SATE junto con nuevas ventanas).



Esto hace ver que la sustitución de las ventanas, pese a no estar entre las modificaciones planteadas en la medida de mejora elegida como la más favorable, sería recomendable añadirla si se pretende lograr la mejor calificación energética y comodidad y siempre que las circunstancias económicas lo permitan. Todas las modificaciones planteadas son susceptibles de acogerse a subvenciones, estas se gestionan desde las comunidades autónomas, de modo que sería competencia de los gestores de las distintas comunidades de vecinos o de la empresa responsable de la ejecución de la reforma solicitar las ayudas pertinentes.

Para finalizar, es representativo mostrar que la mejora propuesta supondría un gasto aproximado de unos 7.118 euros por propietario sin rebaja. Puede darse la opción de fragmentar los pagos y realizar pagos de 125 euros mensuales durante 5 años. Esta medida supondrá una reducción en la factura de una vivienda del bloque de 110 [m²] (superficie media de una vivienda en el bloque estudiado, dato obtenido del catastro). Analizando los informes y con la superficie mencionada, el consumo inicial del bloque en su estado actual es de 19.093 [kWh/año], lo que abastecido mediante gas natural tomando el precio del kWh de gas en el mercado regulado del 2021 (0.0479 [€/kWh]) supone una factura de 914,5 euros. Del mismo modo, si se calcula la demanda anual tras la rehabilitación propuesta, esta será de 6.289 [kWh/año] y esta se satisface mediante biomasa, la que según la Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa tiene un coste de 0.057 [€/kWh]. Todo esto supone una factura tras la mejora de 358 euros. Para mostrar un último dato significativo se indica que el **ahorro anual** es de **556 euros**.



11. ANEJOS.

Los anejos de esta memoria, se dedican a presentar cada uno de los distintos planos utilizados para la obtención de información del edificio, los planos creados para estimar el coste de la implantación de una red de suministro de calor desde los equipos hasta las viviendas y ciertos documentos justificativos.



UNIVERSIDAD
DE BURGOS

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTUDIO SOBRE HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS TÉRMICAS
Y ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES PARA MINIMIZAR
LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA**



11.1. Plano N°1.



UNIVERSIDAD
DE BURGOS

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTUDIO SOBRE HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS TÉRMICAS
Y ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES PARA MINIMIZAR
LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA**



11.2. Plano N°2



UNIVERSIDAD
DE BURGOS

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTUDIO SOBRE HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS TÉRMICAS
Y ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES PARA MINIMIZAR
LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA**



11.3. Plano N°3



UNIVERSIDAD
DE BURGOS

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTUDIO SOBRE HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS TÉRMICAS
Y ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES PARA MINIMIZAR
LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA**



11.4. Plano N°4



12. Terminología.

Demanda energética: energía útil necesaria que tendrían que proporcionar los sistemas técnicos para mantener en el interior del edificio unas condiciones definidas reglamentariamente. Se puede dividir en demanda energética de calefacción, de refrigeración, de agua caliente sanitaria (ACS) y de iluminación, y se expresa en $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

Temperatura de consigna: temperatura o rango de temperaturas consideradas en el cálculo de la demanda energética que fija el límite de temperatura interior a partir del cual operan los sistemas de acondicionamiento del edificio, requiriendo aportes energéticos.

Transmitancia térmica: flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temp

eraturas unitarias de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

Zona climática: zona para la que se definen unas sollicitaciones exteriores comunes a efectos de cálculo de la demanda energética. Se identifica mediante una letra, correspondiente a la severidad climática de invierno, y un número, correspondiente a la severidad climática de verano.



13. BIBLIOGRAFÍA.

Real decreto 178/2021:

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/03/23/178>

Registro de documentos reconocidos:

<https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/documentosreconocidos.aspx>

BOE-A-2013-3904:

Artículos 3, 4 y 6.

<https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-3904-consolidado.pdf>

(Disposición 3904 del BOE número 89 de 2013:

Comisión asesora para la certificación de eficiencia energética.

<https://www.boe.es/boe/dias/2013/04/13/pdfs/BOE-A-2013-3904.pdf>)

Datos zonas climáticas:

http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf

CTE - Ahorro de energía:

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DccHE.pdf>

DA DB-HE / 3.

Puentes térmicos.

https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA-DB-HE-3_Puentes_termicos.pdf



DB HE Ahorro de energía 2019:

Datos fachados y demanda ACS.

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>

Rosa:

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DcmHE.pdf>

Guía de recomendaciones de eficiencia energética: certificación de edificios existentes
CE3X. IDAE.

Recomendaciones de mejoras.

https://www.certificadosenergeticos.com/wp-content/uploads/2014/09/Manual_medidas_mejora_CE3X_03.pdf

Información sobre fachadas:

<https://blog.caloryfrio.com/fachada-ventilada-o-sate-que-aislamiento-es-mejor/>

<https://reveton.com/soluciones-de-aislamiento-termico-de-fachadas/>

<https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/185510-SATE-paso-a-paso.html>

<https://itearquitectes.com/2018/09/07/aislar-termicamente-la-fachada/>

Generador de precios.

Fachada ventilada KNAUF

http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/calculaprecio.asp?Valor=1|0|7|FAN010|fan_010:c25_0|hoja_exterior_vista_sys: 0#gsc.tab=0

Endesa.

Marco actual biomasa:

<https://www.fundacionendesa.org/es/centrales-renovables/a201908-central-de-biomasa>



CALDERA BIOMASA:

https://www.froeling.com/fileadmin/content/produkte/Prospekte_Flyer/ES/ES_Prospekt_T4e.pdf

Guía técnica de agua caliente sanitaria central:

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_08_Guia_tecnica_agua_caliente_sanitaria_central_906c75b2.pdf

Bombas de calor:

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/IC_Calefaccion_climaticacion_y_A/ICV_Unidades_centralizadas_de_clim/ICV070_Unidad_exterior_bomba_de_calor_sic3_0_1c8_0_4c4_0.html#gsc.tab=0

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=16|0_0_0_0_0|ICV100|icv_rtop:c3_0_1c27_0#gsc.tab=0

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/IC_Calefaccion_climaticacion_y_A/ICK_Unidades_centralizadas_de_clim/ICK010_Unidad_autonoma_aire-aire_compacta_0_0_0_0_0_0_0_0_6_0.html#gsc.tab=0

Directiva 200/28/CE:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=SK>

Presupuesto de calderas.

https://www.villagra.es/wp-content/uploads/2012/02/Tarifa_Froeling_2011_de_150_a_1000kW1.pdf

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=4|0_0_0_0|ICQ010|icq_010:c30_0_1c6_0_1_0_0_1_0_0_1c3_0_1c3_0#gsc.tab=0

Catálogo precios Chromagen (Acumulador ACS):

https://chromagen.es/chromagen/wp-content/uploads/2021/05/WEBcatalogo_ABRIL2021_CHROMAGEN.pdf



Precio de intercambiador:

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/IC_Calefaccion_climatizacion_y_A/Sistemas_de_conduccion_de_agua/Intercambiador_de_placas_0_0_33_1_0_0_0_0_1_0.html#gsc.tab=0

Información sobre micro turbinas de gas:

https://www.naturgy.es/empresas/blog/microturbinas_a_gas_flexibilidad_para_sistemas_de_microgeneracion

Posible turbina:

<https://www.capstonegreenenergy.com/products/energy-conversion-products/capstone-microturbinas/c200s>

<https://www.enertime.com/es>

Catálogo BAXI:

http://documentos.baxi.es/Tarifa/CatalogoTarifaBAXI_2021_v2.pdf

Nuevas ventanas:

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=1|0_0_0_0_0_10|LVE010|lve_010:c16_0_3c3_0#gsc.tab=0

Caldera Bosch:

https://www.bosch-thermotechnology.com/es/media/country_pool/service/catalogues/pdf/heating-and-solar/folleto_caldera_gb402_d.pdf

Catálogo caldera y microcogen Bosch:

https://www.bosch-thermotechnology.com/ocsmedia/optimized/full/o480818v272_Folleto_Bosch_COGENtop.pdf



Sistema de cogeneración:

<http://www.icogen-sa.com/cogenerador-ico-nd-300.html>

Página 176, Coste de equipo de cogeneración por kW

http://oa.upm.es/37530/1/PFC_Cristina_Mateos_Tercero.pdf

Colectores solares empleados:

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=5|0_0_0|3|CB011|icb_011:c5_0_5c3_0_4c13_0#gsc.tab=0

Contribución mínima ACS del CTE:

<https://www.terra.org/data/cteseccionhe4.pdf>

Factor k para superficies inclinadas:

https://certificacionenergetica.info/ist/pdf/Tabla_9_Factor_de_correccion_k_para_superficies_inclinadas.pdf

Real decreto Autoconsumo RD244/2019:

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/04/05/244/dof/spa/pdf>

Cerramiento ventana Itesal IT 75:

<https://www.itesal.es/productos-it-75-rpt.html>