

Proyecto Fin de Carrera

Ingeniería de Tecnologías Industriales

Estudio de obtención de edificios de alta eficiencia mediante un procedimiento híbrido de herramientas comerciales

Autor: Ana Martínez Sánchez

Tutor: José Sánchez Ramos

Dpto. Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2023



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de Tecnologías Industriales

Estudio de obtención de edificios de alta eficiencia mediante un procedimiento híbrido de herramientas comerciales

Autor:

Ana Martínez Sánchez

Tutor:

José Sánchez Ramos

Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2023

Proyecto Fin de Carrera: Estudio de obtención de edificios de alta eficiencia mediante un procedimiento híbrido de herramientas comerciales

Autor: Ana Martínez Sánchez

Tutor: José Sánchez Ramos

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2023

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia y seres queridos por su inquebrantable apoyo y amor. Sin su aliento constante y su comprensión durante los largos años de estudio, este logro no habría sido posible. Gracias por estar siempre a mi lado, por creer en mí y por ser mi fuente inagotable de motivación.

A mis amigos y compañeros de clase, les agradezco por compartir este viaje académico conmigo. Sus consejos y momentos de distracción fueron esenciales para mantenerme en equilibrio. Han sido mi red de apoyo y amistad, y estoy agradecido por cada uno de ellos.

A mis profesores y tutores, les extiendo mi más profundo agradecimiento por su guía y sabiduría. Sus conocimientos compartidos y orientación me han enriquecido académicamente y me han inspirado a seguir aprendiendo y creciendo en mi campo de estudio.

Resumen

Cada vez son más las medidas de ahorro energético y restricciones en consumo con el fin de hacer frente a la crisis energética. Uno de los puntos importantes donde reducir el consumo energético son los hogares y oficinas, ya que un 80% de la energía se consume en los edificios. El presente proyecto recoge una visión de las posibilidades de mejora energética en edificios, aportando detalles de la evolución normativa y programas de ayuda económica.

A continuación se plantea un modelo de actuación y se aplica a un caso práctico en el que se consigue reducir la demanda energética en un 50% de la inicial modificando tan solo características de la envolvente.

Finalmente, se realiza un estudio de la viabilidad económica de las diferentes propuestas de mejora. Para seleccionar la medida más favorable a implantar, se contrastan los costes de inversión inicial y los ahorros en consumo de energía calculando el coste de ciclo de vida (CCV). Tras analizar los resultados, se detallan las características de la combinación de mejoras óptima.

Abstract

As energy-saving measures and consumption restrictions continue to increase, efforts are being made to address the energy crisis. One key area for reducing energy consumption is in homes and offices, as 80% of energy is consumed in buildings. This project presents an overview of the possibilities for energy improvement in buildings, providing details on regulatory and financial assistance programs.

Next, an action model is proposed and applied to a practical case in which energy demand is reduced by 50% from the initial level.

Finally, an economic feasibility study of the various improvement proposals is conducted. To select the most favorable measure for implementation, the initial investment costs are compared to energy consumption savings by calculating the life cycle cost (LCC). After analyzing the results, the characteristics of the optimal combination of improvements are outlined.

Índice

Agradecimientos	9
Resumen	11
Abstract	13
Índice	14
Índice de Tablas	16
Índice de Figuras	18
1 Introducción	1
1.1. <i>Motivación del proyecto</i>	1
1.2. <i>Normativa y legislación nacional sobre eficiencia energética.</i>	3
1.2.1. Antecedentes	3
1.2.2. Situación actual	3
1.2.3. Panorama futuro	4
1.3. <i>Niveles de renovación.</i>	5
1.3.1. Renovación profunda	6
1.3.2. Consumo de energía casi nulo	7
1.4. <i>Ayudas económicas.</i>	8
2 Modelo de actuación	11
2.1. <i>Racionalización del uso y gestión de los edificios residenciales.</i>	11
2.2. <i>Reducción de la demanda mediante actuaciones en la envolvente del edificio.</i>	11
2.3. <i>Reducción de la demanda mediante el control de la ventilación.</i>	13
2.4. <i>Mejora de la eficiencia de las instalaciones térmicas.</i>	14
2.5. <i>Implantación de energías renovables.</i>	15
2.5.1. Biomasa	15
2.5.2. Energía solar	15
2.5.3. Bomba de Calor	16
3 Caso práctico	19
3.1. <i>Modelo base</i>	21
3.1.1. Envolvente	21
3.1.2. Ventilación	23
3.1.3. Demanda de ACS.	23
3.1.4. Resultados del modelo base.	24
4 Medidas de mejora	28
4.1. <i>Paquete nivel 1.</i>	29
4.2. <i>Paquete nivel 2.</i>	30
4.3. <i>Paquete nivel 3.</i>	31
4.4. <i>Paquete nivel 4.</i>	32
4.5. <i>Paquete nivel 5.</i>	33
5 Evaluación económica	35

6. Modelo final	37
7. Conclusiones	39
Referencias	41
Anexos	43
<i>Anexo A. Presupuestos</i>	43
<i>Anexo B. Sobrecostes iniciales.</i>	63
<i>Anexo C. Costes de mantenimiento.</i>	64
<i>Anexo D. Coste de ciclo de vida a 30 años.</i>	65

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.- Objetivos del PNIEC de eficiencia energética en edificios [7]</i>	5
<i>Tabla 2.- Definición de renovación profunda en diferentes países. [12]</i>	6
<i>Tabla 3.- Requisitos energéticos definidos por los Estados miembros de la UE para alcanzar el nivel NZEB. [11]</i>	7
<i>Tabla 4.- Elementos constructivos: Muro exterior.</i>	21
<i>Tabla 5.- Elementos constructivos: Cubierta.</i>	22
<i>Tabla 6.- Elementos constructivos: Forjado interior.</i>	22
<i>Tabla 7.- Elementos constructivos: Tabiques.</i>	22
<i>Tabla 8.- Elementos constructivos: Solera.</i>	22
<i>Tabla 9.- Elementos constructivos: Huecos acristalados.</i>	23
<i>Tabla 10.- Valores de transmitancias térmicas propuestos (W/m²K).</i>	29

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.- Consumo de energía final por sectores en países miembros de la IEA. Fuente: Agencia Internacional de la Energía (IEA) [2]</i>	1
<i>Figura 2.- Consumo de energía final por sectores en España. Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) [1]</i>	2
<i>Figura 3.- Precio medio final anual de la electricidad en España de 2010 a 2022. Fuente: Statista [4]</i>	2
<i>Figura 4. – SATE (Sistema de Aislamiento Térmico Exterior)</i>	12
<i>Figura 5.- Ventilación de espacios.</i>	13
<i>Figura 6.- Energía solar en cubiertas.</i>	15
<i>Figura 7.- Esquema bomba de calor.</i>	16
<i>Figura 8.- Curvas de funcionamiento de una bomba de calor y de la demanda de calefacción Fuente: Asociación Técnica Española de la Climatización y la Refrigeración (Atecyr). [9]</i>	17
<i>Figura 9.- Distribución del edificio.</i>	19
<i>Figura 10.- Temperatura máxima y mínima promedio en Sevilla. Fuente:</i>	20
<i>Figura 11.- Orientación del edificio. Fuente: Catastro</i>	21
<i>Figura 12.- Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables. Fuente: Documento Básico HE Ahorro de Energía.</i>	23
<i>Figura 13.- Sistemas de referencia. Fuente: Documento Básico HE Ahorro de Energía.</i>	24
<i>Figura 14.- Fachada frontal del edificio. Fuente: HULC.</i>	24
<i>Figura 15.- Fachada trasera del edificio. Fuente: IFC Builder (Cype).</i>	25
<i>Figura 16.- Demanda anual.</i>	25
<i>Figura 17.- Distribución de la demanda por meses.</i>	26
<i>Figura 18.- Balance energético por meses. Fuente: Cypetherm.</i>	26
<i>Figura 19.- Calificación energética del modelo inicial.</i>	28
<i>Figura 20.- Demanda energética paquete 1.</i>	30
<i>Figura 21.- Demanda energética paquete 2.</i>	31
<i>Figura 22.- Demanda energética paquete 3.</i>	32
<i>Figura 23.- Demanda energética paquete 4.</i>	33
<i>Figura 24.- Demanda energética paquete 5.</i>	34
<i>Figura 25.- CVV a 30 años.</i>	36
<i>Figura 26.- Distribución de la demanda por meses modelo final.</i>	37
<i>Figura 27.- Calificación de demanda del modelo final.</i>	38

1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo progresivo del hombre es vitalmente dependiente de la invención.

- Nikola Tesla -

1.1. Motivación del proyecto

La rehabilitación energética se refiere al proceso de mejorar la eficiencia energética de un edificio existente mediante la implementación de medidas de mejora que reduzcan el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero. Es importante porque los edificios existentes son responsables de una gran parte del consumo energético mundial. Actualmente, más del 20% del total de la energía es consumida en el sector residencial, tal y como muestra la Figura 1, con datos obtenidos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA). [2]

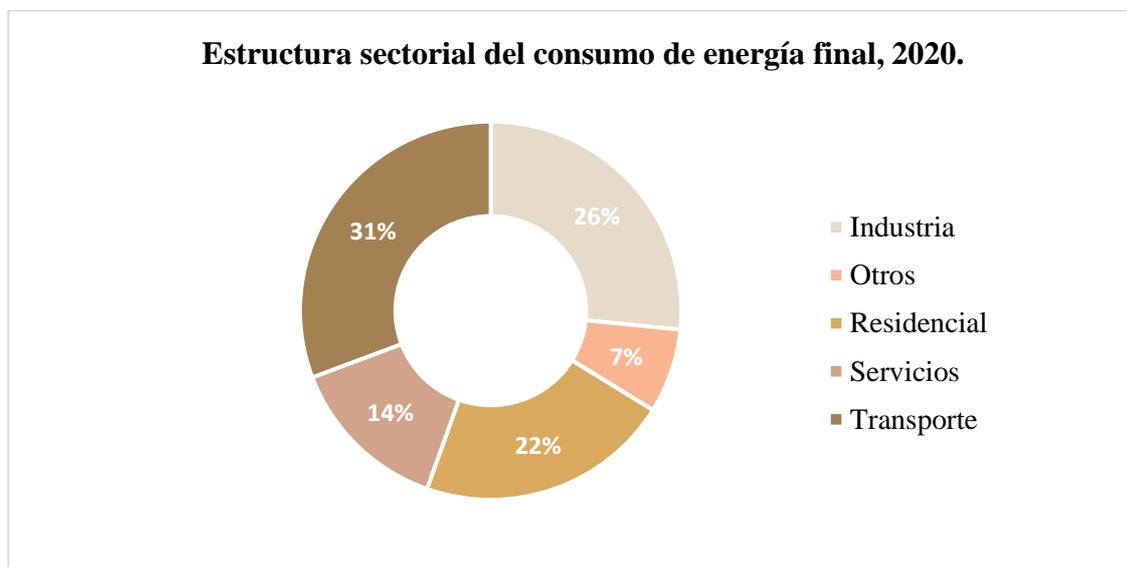


Figura 1.- Consumo de energía final por sectores en países miembros de la IEA. Fuente: Agencia Internacional de la Energía (IEA) [2]

En cuanto al panorama nacional, es bastante similar. Basándonos en los informes que publica el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) anualmente, en torno al 20% del consumo de energía del país proviene del sector residencial. Y en comparación con el consumo en el año 2000, podemos observar que ha incrementado su valor tanto en proporción como en cantidad total (Figura 2). Este aumento se debe al incremento del número de hogares, al crecimiento económico y al mayor uso de electrodomésticos y aparatos electrónicos. [1]

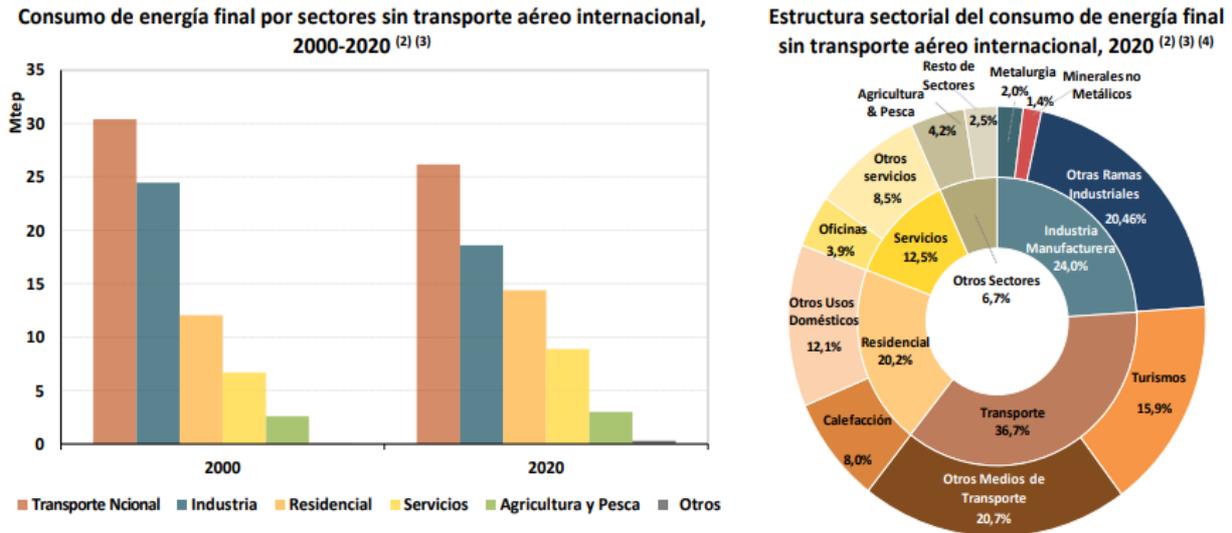


Figura 2.- Consumo de energía final por sectores en España. Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) [1]

De modo que, aplicar políticas para mitigar este crecimiento es de gran interés porque puede generar una serie de beneficios económicos y ambientales.

La crisis energética actual ha disparado los precios de la electricidad y el gas, alcanzando máximos históricos (Figura 3). Esta crisis energética es el resultado de varios factores, incluyendo la creciente demanda de energía, el agotamiento de los recursos energéticos no renovables, la falta de inversión en infraestructuras energéticas, la volatilidad de los precios y la escasez de suministros de gas proveniente de Rusia. [3]

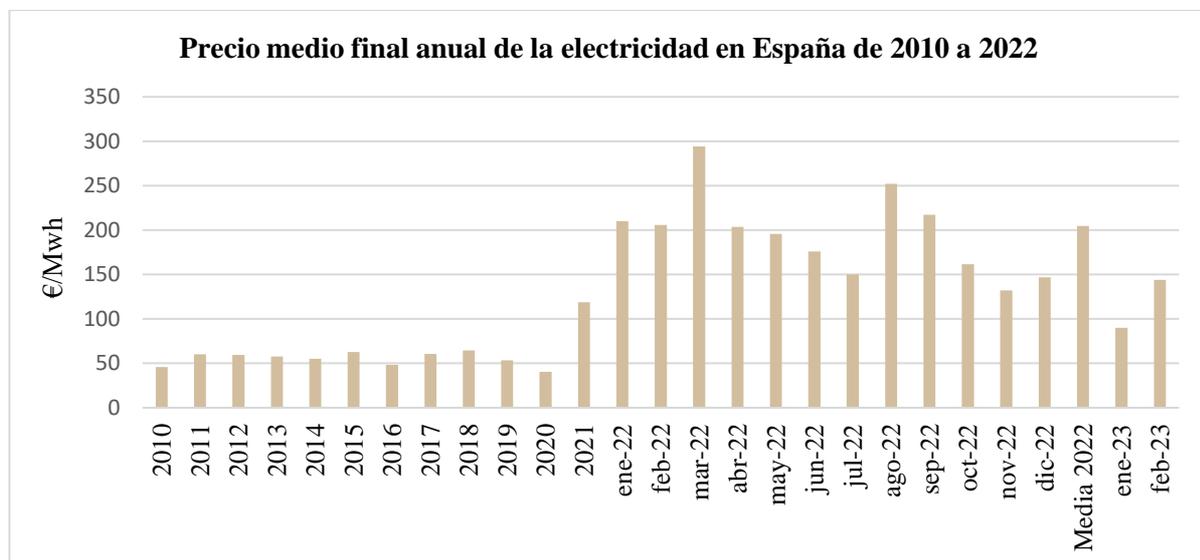


Figura 3.- Precio medio final anual de la electricidad en España de 2010 a 2022. Fuente: Statista [4]

Por lo tanto, en términos económicos la rehabilitación energética puede reducir significativamente los costos de energía a largo plazo, lo que puede ser especialmente importante para los hogares y empresas que buscan reducir sus gastos operativos. Además, puede aumentar el valor de la propiedad y mejorar la habitabilidad de los edificios.

Por otra parte, centrándonos en otra de las preocupaciones actuales como es el cambio climático, edificios más eficientes contribuirían a disminuir la huella de dióxido de carbono del sector residencial.

En términos ambientales, puede ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos. Esto puede ayudar a frenar el cambio climático y mejorar la calidad del aire que respiramos.

1.2. Normativa y legislación nacional sobre eficiencia energética.

1.2.1. Antecedentes

Inicialmente, las regulaciones y las leyes en España relacionadas con la energía y la eficiencia se basaron en la NBE-CT-79, que actualmente se encuentra derogada. Las Normas Básicas de la Edificación (NBE) sirvieron como base para el desarrollo de la regulación de edificios e instalaciones en nuestro país, y estuvieron en vigor durante gran parte de las décadas de los 80 y los 90.

La Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) estableció estándares mínimos de seguridad, funcionalidad, seguridad y habitabilidad. Este fue el primer paso para unificar o al menos intentar unificar las distintas regulaciones que rigen la edificación, y no se consideró una regulación de eficiencia energética.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) introdujo parámetros de eficiencia en las instalaciones de ACS y climatización para prevenir el derroche de energía, lo que no estaba regulado por la legislación española. Durante mucho tiempo, fue la ley principal de eficiencia energética en España. La normativa inicial data de 1998 (Real Decreto 1751/1998) y fue sustituida por el Real Decreto 1027/2007 antes de ser finalmente incorporada al Código Técnico de la Edificación (CTE) como Sección HE-2 (rendimiento de las instalaciones térmicas) dentro del DB-HE. En este apartado se considera la regulación de eficiencia energética para los edificios.

La Ley 2/2011 o Ley de Economía Sostenible, tiene como objetivo el fomento de la sostenibilidad de la economía española mediante un conjunto de reformas. [5]

1.2.2. Situación actual

Código Técnico de la Edificación

El objetivo del Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 314/2006) es armonizar la legislación sobre eficiencia energética en la construcción de edificios. Supuso la derogación de la NBE y la introducción de muchos aspectos de ahorro y eficiencia en la construcción. El CTE consta de varios documentos básicos o DB, que son los más representativos de la eficiencia energética y se dividen en dos partes:

- DB HE: Documento Básico de Ahorro de Energía. (Actualizado junio 2017).
- DB HS: Documento Básico de Salubridad.

[5]

Normativa referente a la Certificación Energética de Edificios

La normativa de eficiencia energética en España ha experimentado cambios significativos que constituyen los fundamentos del Real Decreto 47/2007 sobre certificación energética de edificios. Esta norma fue la primera en materia de eficiencia energética y estableció las bases para todas las leyes posteriores.

Posteriormente, el Real Decreto 235/2013 derogó el anterior, en cumplimiento de la Directiva de Eficiencia Energética y la adaptación requerida por la legislación europea. Esta ley, junto con la experiencia adquirida en la implementación del Real Decreto anterior, modificó las disposiciones relacionadas con los certificados de eficiencia energética.

Este cambio tiene un gran impacto en el mercado inmobiliario y en los procesos de venta y alquiler de propiedades. Ahora, cuando se construye, alquila o vende un inmueble, se requiere la presentación de un certificado de eficiencia energética al comprador o arrendatario, ya sea una empresa o una persona individual. Por tanto, el propietario del edificio recibe una etiqueta energética con una calificación que indica el consumo energético en la vivienda. El objetivo de este certificado es fomentar la compra o alquiler de viviendas más eficientes.

Cada región autonómica cuenta con un registro de certificación energética que está bajo la jurisdicción de la Consejería correspondiente de cada gobierno regional. [5]

El Real Decreto-ley 14/2022 tiene como objetivo promover la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la promoción del uso eficiente de la energía en edificios y en la industria. Esta ley establece medidas para mejorar la eficiencia energética en los edificios existentes y nuevos, así como en el transporte y en la industria.

Algunas de las medidas que se establecen en este Real Decreto Ley son:

- La obligatoriedad de realizar una auditoría energética en grandes empresas para identificar las oportunidades de mejora en la eficiencia energética.
- La creación de un sistema de certificación energética de edificios que permita conocer su consumo energético y establecer medidas para mejorar su eficiencia energética.
- La promoción del uso de energías renovables y de cogeneración en la industria para reducir su consumo energético y sus emisiones de gases de efecto invernadero.
- La implementación de medidas de ahorro y eficiencia energética en el transporte, como la promoción del uso de vehículos eléctricos y la mejora de la eficiencia en el transporte público. [6]

1.2.3. Panorama futuro

En España, la política energética y climática está influenciada por la Unión Europea (UE), que se rige por los requerimientos del Acuerdo de París de 2015. Para este propósito, la Comisión Europea lanzó el "paquete de invierno" en 2016, que consta de varios reglamentos y directivas sobre eficiencia energética, energías renovables, mercado eléctrico, seguridad de suministro y gobernanza de la Unión de la Energía. Este marco normativo y político proporciona certidumbre regulatoria y crea las condiciones adecuadas para atraer inversiones importantes. Además, fomenta la participación de los consumidores europeos en la transición energética.

Estas iniciativas buscan cumplir con los objetivos vinculantes de la UE para 2030, que incluyen:

- Reducción del 40% en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990.
- 32% de energías renovables en el consumo total de energía.
- Mejora del 32,5% en la eficiencia energética.
- Interconexión eléctrica del 15% entre los Estados miembros.

Además de lo anterior, la Comisión Europea ha actualizado su visión estratégica a largo plazo mediante el documento "Un planeta limpio para todos" (COM (2018) 773 final), con el objetivo de que la UE alcance la neutralidad climática y tenga una economía próspera, moderna y competitiva para el año 2050.

Con objeto de alcanzar los objetivos planteados, la UE requiere que cada Estado miembro prepare un Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC). Estos planes servirán para que la Comisión evalúe el grado de cumplimiento conjunto y establezca medidas correctivas para cualquier desviación. Además, se incluye un calendario de actualización de los planes cada cinco años y se requiere que los Estados miembros presenten informes de progreso cada dos años. Finalmente, se establecen garantías para la continuidad del Plan más allá de 2030 mediante la elaboración de una Estrategia de Bajas Emisiones a Largo

Plazo (2050). En el marco internacional y europeo, España ha demostrado su compromiso con la crisis climática al colocar el Plan como uno de los principales pilares de su acción política.

La preparación del presente Plan ha sido guiada por el principio fundamental de "eficiencia energética en primer lugar". De hecho, se espera que con las medidas contempladas se alcance una mejora del 39,5% en la eficiencia energética para el año 2030. En concreto, la propuesta de reducción del consumo de energía primaria en este PNIEC se traduce en una mejora anual del 3,5% en la intensidad energética primaria hasta 2030, lo que indudablemente tendrá un efecto positivo en la economía española en su conjunto. [7]

Y en cuanto a eficiencia energética en edificios, tema tratado en este proyecto, los objetivos del PNIEC son los siguientes:

Tabla 1.- Objetivos del PNIEC de eficiencia energética en edificios [7]

Objetivos en materia de rehabilitación energética de edificios	Mejora de la eficiencia energética (envolvente térmica) a lo largo de la década de un total de 1.200.000 viviendas.
	Mejora de la eficiencia energética (renovación de instalaciones térmicas de calefacción y ACS) de 300.000 viviendas/año de media.
Objetivos de eficiencia energética de los edificios públicos	Renovación energética del parque de edificios públicos de la Administración General del Estado por encima del objetivo del 3% derivado del artículo 5 de la Directiva de Eficiencia Energética (300.000 m2 /año).
	Renovación energética del 3% de la superficie edificada y climatizada de las Administraciones Autonómicas y Locales.

El posible plan de actuación está recogido en el documento *ERESEE 2020. Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España*.

1.3. Niveles de renovación.

El término "renovación" se ha utilizado para describir una amplia variedad de mejoras en un edificio o grupo de edificios existentes. Pueden distinguirse distintos niveles de renovación en función del tipo de intervención y del ahorro obtenido. La renovación puede implicar la sustitución o mejora de todos los elementos del edificio que influyen en el consumo de energía, así como la instalación de fuentes de energía renovables para reducir el consumo a cero o a un nivel inferior. La rehabilitación de la envolvente de un edificio (es decir, paredes y ventanas) proporciona un nivel de ahorro energético diferente al de la rehabilitación de toda la de la envolvente y los sistemas del edificio (calefacción, ventilación y aire acondicionado, iluminación, etc.).

Según parámetros del BPIE (Buildings Performance Institute Europe) [12], la eficiencia energética de un edificio puede mejorarse mediante la aplicación de una única medida, como un nuevo sistema de calefacción o el aislamiento del tejado. Este tipo de intervenciones se denominan "pequeñas reformas" o "renovaciones menores". Normalmente, se puede esperar un ahorro energético de hasta el 30% mediante la aplicación de una a tres medidas.

No existe una definición fija de los diferentes niveles de renovación existentes, lo que ha suscitado a muchos debates. Principalmente se diferencian por el grado de intervención y el ahorro obtenido, pero no nos podemos

basar solo en eso puesto que las renovaciones son una combinación de parámetros, dónde también intervienen la calidad del ambiente interior, la inversión económica y la amortización de esta, etc.

1.3.1. Renovación profunda

La EED (Energy Efficiency Directive) define la renovación profunda como “capaz de dar lugar a una rehabilitación que reduzca el consumo final de energía de un edificio en un porcentaje muy significativo en comparación con los niveles anteriores a la rehabilitación, lo que da lugar a un rendimiento energético muy elevado”.

En un informe del Parlamento Europeo de 2012 se describe como "renovación profunda: una rehabilitación que reduce tanto el consumo de energía suministrada como el consumo final de energía de un edificio en al menos un 80% en comparación con los niveles anteriores a la renovación".

La Red Mundial de Eficiencia Energética de los Edificios (GBPN), organización de ámbito mundial cuya misión es proporcionar asesoramiento y asistencia técnica para mejorar la eficiencia energética de los edificios, realizó un estudio en el que participaron expertos de diferentes regiones del mundo para uniformar la definición de renovación profunda, concluyendo con lo siguiente:

Renovación profunda es un término que designa una renovación que aprovecha todo el potencial económico de eficiencia energética de las obras de mejora en edificios existentes (centradas principalmente en la envolvente del edificio) que conducen a un rendimiento energético muy elevado. Las reducciones energéticas de los edificios renovados son del 75% o más en comparación con el estado del edificio existente antes de la renovación. El consumo de energía primaria tras la renovación, que incluye, entre otras cosas, la energía utilizada para calefacción, refrigeración, ventilación, agua caliente e iluminación tras la renovación profunda es inferior a 60 kWh/m²/año. [10]

Para poder identificar cuando se alcanza dicho nivel, diferentes Estados han establecido sus propias definiciones que se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 2.- Definición de renovación profunda en diferentes países. [12]

PAÍS	Definición "Deep renovation"
Bélgica (Flandes)	Etiqueta EPC A (100 kWh/m ² /año)
Bélgica (Valonia)	75-100% de reducción del consumo de energía
República Checa	Etiqueta EPC A o B (<107 kWh/m ² /año, se espera que se reduzca a 79 kWh/m ² /año a partir de 2022)
Dinamarca	Reducción del 60% del consumo de energía primaria
Estonia	Etiqueta EPC C (<150 kWh/m ² /año)
Francia	Referencia a Edificio de Bajo Consumo (BBC) Effinergie Renovation Label (80 kWh/m ² /año) y a un escenario de 'renovación eficiente' igual a BBC renovación paso a paso
Luxemburgo	Referencia a la calidad de la renovación con EPC A/A a B/B y promedio de 72% de ahorro de energía
España	Ahorro de energía primaria > 60%

Suiza	Nivel 3 'renovación energética total' = 50% de mejora de eficiencia energética para edificios residenciales y 40% para oficinas
-------	---

1.3.2. Consumo de energía casi nulo

La reducción de la demanda de energía primaria hacia niveles aún más bajos, incluyendo también las fuentes de energía renovables, puede evitar un sistema tradicional de calefacción/refrigeración. Este nivel puede denominarse, de acuerdo con la definición de la DEEE: "Edificio de consumo de energía casi nulo" (Nearly zero energy building: NZEB). La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería cubrirse en una medida muy significativa con energía procedente de fuentes renovables.

La rehabilitación NZEB combina tecnologías de alta eficiencia con la producción renovable. Se obtiene una reducción de la demanda de energía primaria mediante tecnologías de bajo consumo energético (por ejemplo: aislamiento, iluminación natural, calefacción, ventilación y aire acondicionado de alta eficiencia, ventilación natural, etc.), mientras que las fuentes de energía renovables pueden ser in situ o externas, dependiendo de la disponibilidad in situ (por ejemplo, sol, viento) o de su transporte al lugar (por ejemplo, biomasa). [11]

Al igual que con la definición de renovación profunda, los diferentes Estados han establecido unos requisitos que se han de alcanzar para que un edificio se pueda considerar de consumo de energía casi nulo, y se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 3.- Requisitos energéticos definidos por los Estados miembros de la UE para alcanzar el nivel NZEB. [11]

PAÍS	Edificios residenciales (kWh/m ² /año o clase energética) /y o clase energética)		Edificios no residenciales (kWh/m ² /año o clase energética) /y o clase energética)	
	Nuevo	Existente	Nuevo	Existente
Austria	160	200	170	250
Bélgica	45 (Bruselas) 30 (Flandes) 60 (Valonia)	~ 54	(95–2.5) *(V/S) (Bruselas) 40 (Flandes) 60 (Valonia)	~ 108
Bulgaria	~ 30–50	~ 40-60	~ 30–50	~ 40–60
Chipre	100	100	125	125
República Checa	75%–80% PE	75%–80% PE	90% PE	90% PE
Alemania	40% PE	55% PE	n/a	n/a
Dinamarca	20			25
Estonia	50 (casa unifamiliar)	n/a n/a n/a n/a	100 (edificios de oficinas) 130 (hoteles, restaurantes) 120 (edificios públicos) 130 (centros comerciales)	n/a n/a n/a n/a
	100 (bloques de apartamentos)	n/a n/a n/a	90 (colegios) 100 (guarderías) 270 (hospitales)	n/a n/a n/a
Francia	40-65	80 n/a	70 (oficinas sin A/C) 110 (oficinas con A/C)	60% PE n/a

Croacia	33-41	n/a	n/a	n/a
Hungría	50-72	n/a	60-115	n/a
Irlanda	45 (carga de energía)	75-150	~ 60% PE	n/a
Italia	Clase A1	Clase A1	Clase A1	Clase A1
Letonia	95	95	95	95
Lituania	Clase A++	Clase A++	Clase A++	Clase A++
Luxemburgo	Clase AAA	n/a	Clase AAA	n/a
Malta	40	n/a	60	n/a
Países Bajos	0	n/a	0	n/a
Polonia	60-75	n/a	45-70-190	n/a
Rumania	93-217	n/a	50-192	n/a
España	Clase A	n/a	Clase A	n/a
Suecia	30-75	n/a	30-105	n/a
Eslovenia	45-50	70-90	70	100
Eslovaquia	32 (edificio de apartamentos) 54 (casas familiares)	n/a	60-96 (oficinas) 34 (colegios)	n/a
Reino Unido	~ 44	n/a	n/a	n/a

(PE: energía primaria; n/a: no disponible)

Tras analizar el potencial de los edificios para lograr una energía cero, los expertos han obtenido varias conclusiones generales. Las viviendas unifamiliares de energía cero son técnicamente viables, pero su viabilidad en el mercado dependerá en gran medida del coste de los nuevos productos y materiales energéticamente más eficientes, así como del coste de los sistemas fotovoltaicos (PV) y los sistemas fotovoltaicos integrados en los edificios (BIPV). La viabilidad en el mercado también dependerá de los precios de la energía y de las políticas para promover la implementación generalizada de viviendas de energía cero. Sin embargo, la rehabilitación de las viviendas existentes para cumplir con los criterios de energía cero puede ser extremadamente costosa debido a las ineficiencias en los edificios existentes.

1.4. Ayudas económicas.

Con objeto de fomentar y apoyar estas reformas que mejoran la eficiencia energética de los edificios, muchos países han establecido una serie de ayudas económicas y subvenciones.

Centrándonos en España, existen varias ayudas económicas para la rehabilitación energética de edificios. Estas ayudas pueden ser ofrecidas por el gobierno central, las comunidades autónomas, los ayuntamientos y otras entidades públicas o privadas.

Entre las ayudas económicas disponibles se encuentran:

- Programa de Ayudas para la Rehabilitación Energética de Edificios (PAREER), promovido por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Se trata de un programa específico de ayudas y financiación dotado con 200 millones de euros. Estas acciones deben ser de uno o más de los siguientes tipos:

- Mejorar la envolvente térmica.
- Mejorar la eficiencia energética de los equipos de calefacción e iluminación.
- Sustitución de fuentes de energía convencionales por biomasa en centrales térmicas.
- Sustitución de fuentes de energía convencionales por energía geotérmica en instalaciones de

calefacción.

- Programa de Ayudas para la Rehabilitación Energética de Edificios Existentes (PREE), promovido por el Gobierno de España, que ofrece ayudas directas para la rehabilitación energética de edificios. El programa está dirigido a propietarios de edificios y comunidades de propietarios que deseen llevar a cabo obras de rehabilitación energética en sus edificios, centrandó su apoyo a los colectivos vulnerables y afectados por la pobreza energética. Financia una amplia gama de actuaciones, que incluyen mejoras en la envolvente térmica (aislamiento de fachadas, cubiertas y suelos), renovación de sistemas de calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria, instalación de sistemas de energía solar térmica y fotovoltaica, así como la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación. El programa ofrece ayudas directas, que pueden cubrir entre el 15 y el 35% del coste total de las actuaciones.
- Plan de Vivienda Estatal, que incluye ayudas para la rehabilitación de edificios y la mejora de la eficiencia energética. Se trata de un programa impulsado por el Gobierno de España con el objetivo de promover y facilitar el acceso a la vivienda, así como la mejora de la calidad y la eficiencia energética de las mismas. Este plan se actualiza periódicamente, y en sus diferentes ediciones, puede incluir ayudas para la rehabilitación de edificios y la mejora de la eficiencia energética.
- Ayudas de los Gobiernos Autonómicos, que varían según la región.
- Ayudas de los Ayuntamientos, que pueden incluir subvenciones y reducciones en los impuestos municipales.

2 MODELO DE ACTUACIÓN

Para alcanzar los objetivos de reducción del consumo energético para climatización y ACS en las viviendas, es necesario reconocer el orden de los factores que determinan dicho consumo energético, el cual va a ser el orden de intervención, que son:

- La racionalización del uso y la gestión del edificio.
- La reducción de la demanda energética del edificio mediante la intervención en la envolvente (pérdidas por transmisión) y en la ventilación.
- La mejora de la eficiencia energética de las instalaciones.
- El uso de energías renovables.

2.1. Racionalización del uso y gestión de los edificios residenciales.

El primer factor que se debe considerar en una intervención global para reducir el consumo de energía y las emisiones asociadas a ella es la optimización del uso y la gestión del edificio, ya que el resto de los sistemas están diseñados específicamente para un uso y gestión determinados. Invertir en una caldera eficiente sin antes mejorar el uso y la gestión no tiene sentido, ya que esto puede resultar en una disminución significativa de la demanda para la cual la nueva caldera fue diseñada, lo que puede llevar a un sobredimensionamiento y una pérdida de su eficiencia.

La optimización del empleo y la administración de recursos es un factor fundamental que influye de manera decisiva en la demanda de energía, lo cual a su vez afecta significativamente la eficacia de cualquier medida de reducción en cualquiera de los otros factores. Este factor no se relaciona con elementos constructivos o de instalaciones del edificio, lo que implica que los medios para intervenir en el uso y la gestión no son aplicaciones técnicas específicas, a menos que se usen sistemas de gestión "inteligentes". Para reducir la demanda energética, se deben generar incentivos que fomenten la eficiencia del usuario, lo que puede lograrse mediante programas educativos y de sensibilización. [8]

2.2. Reducción de la demanda mediante actuaciones en la envolvente del edificio.

Después de garantizar un uso y una gestión eficientes, el siguiente factor que influye en el consumo de energía es la demanda del edificio, es decir, la cantidad de energía (ya sea calor o frío) necesaria para proporcionar confort a los ocupantes. La demanda de energía se ve afectada por factores externos como el clima y la orientación del edificio, así como por factores internos como la relación entre la superficie y el volumen del edificio, que son invariables, y por la calidad de los cerramientos, que puede ser mejorada mediante intervenciones específicas. En este sentido, se puede intervenir en los elementos que conforman la envolvente del edificio para mejorar su aislamiento térmico.

Se diferencian los siguientes:

- A. Cerramientos verticales: se trata de los muros que separan el interior del exterior del edificio. Aquí se propone aumentar el aislamiento térmico hasta alcanzar la máxima eficiencia posible (es decir, cuando el aumento del aislamiento ya no produzca una mejora significativa en las pérdidas totales). Se proponen dos opciones:

- Aislamiento por el interior, manteniendo el aspecto exterior de la fachada:
 - Relleno de cámara, cuando existe una cámara de aire en el interior del cerramiento que puede ser rellena con un material aislante.
 - Adosado interior y capa de acabado interior, realizando un 'doblado' del cerramiento para adosarle una capa aislante.
- Aislamiento por el exterior, transformando su aspecto original para dotarlo de un aislamiento y, necesariamente, una nueva impermeabilización mediante aislamiento adosado exteriormente y acabado exterior con mortero.



Figura 4. – SATE (Sistema de Aislamiento Térmico Exterior)

- B. Carpinterías exteriores: aquí se propone mejorar el aislamiento térmico y la estanqueidad a las infiltraciones, así como la protección solar de los huecos. Se propone la sustitución de las ventanas existentes por carpintería con vidrio doble y con rotura de puente térmico, o la adición al hueco de la ventana existente de una nueva ventana con doble vidrio. En caso de que sea posible, la adición de doble ventana es la opción preferida frente a la sustitución, ya que permite aumentar considerablemente la resistencia térmica del hueco y el comportamiento acústico, evitando al mismo tiempo la obra por el interior. Por último, también se debe considerar la adición de un sistema de protección solar practicable (persiana, toldo, contraventana, etc.) en caso de que no exista.
- C. Cubiertas, donde se sugiere incrementar el aislamiento térmico hasta alcanzar la máxima eficiencia posible (es decir, cuando no se observe una mejora significativa en las pérdidas totales al aumentar el grosor del aislamiento), a partir de dos opciones:
- Cubiertas inclinadas:
 - En aquellas sin cámara ventilada bajo la impermeabilización, se sugiere sustituir la impermeabilización existente, normalmente de tejas, y añadir aislamiento térmico y una nueva capa superior de impermeabilización.
 - En caso de contar con una cámara ventilada accesible, se puede mejorar mediante la adición de aislamiento térmico sobre el separador del espacio habitable y la cámara ventilada.
 - Cubiertas planas: se propone la adición de una capa de aislamiento térmico y una protección superior transitable.

D. Soleras, donde se propone maximizar la eficiencia del aislamiento térmico mediante:

- Adosado de aislamiento térmico sobre el pavimento actual y nueva capa de pavimento ligero, con un espesor total de menos de 7 cm.
- Para forjados sanitarios, colocación de aislamiento térmico en la cámara.
- Para el forjado de planta baja (soportales), colocación de aislamiento por debajo.

La renovación profunda de la envolvente, tal como se propone aquí, permitiría reducir significativamente la demanda de energía térmica para la calefacción. Esto a su vez permitiría trabajar con temperaturas de distribución de agua más bajas, lo que significa que se podría reemplazar directamente una caldera existente con una Bomba de Calor sin modificar el sistema de distribución de agua y los radiadores. [8]

2.3. Reducción de la demanda mediante el control de la ventilación.

El siguiente factor a regular es la ventilación, decisivo en la demanda energética del edificio. Regular la ventilación cuando hay una importante diferencia de temperatura entre el aire exterior e interior mediante un sistema mecánico es una medida que reduce drásticamente el consumo de energía.

Si bien la normativa del CTE DB HS3 exige sistemas de ventilación mecánica controlada en la construcción nueva, no es un requisito legal en la rehabilitación de edificios y, por lo tanto, es poco común encontrar este tipo de sistemas en edificios existentes.

Un sistema de ventilación mecánica garantiza un flujo de aire en cada espacio, permitiendo la recuperación de energía y, por tanto, la reducción del consumo energético. Para ello, se requieren dos conductos y dos ventiladores (uno para la extracción y otro para la impulsión). Integrar este sistema en viviendas unifamiliares es sencillo, aunque en edificios de viviendas colectivas resulta más complejo.

En caso de que se haya llevado a cabo una rehabilitación previa de la envolvente del edificio, el consumo de ventilación adquiere mayor relevancia en el consumo energético total, por lo que es fundamental considerar la inclusión de este tipo de sistemas en la rehabilitación. En este sentido, es crucial que la ventilación mecánica cuente siempre con sistemas de recuperación de energía del aire extraído, que transfieran el calor recuperado al aire impulsado.

En estos casos, se propone la implementación de un sistema de ventilación controlado que se active automáticamente cuando la concentración de CO₂ en el aire interior supere un nivel determinado. De esta manera, la renovación del aire se ajusta con precisión a las necesidades de calidad del aire interior y se evita la ventilación innecesaria cuando el edificio no está en uso. [8]

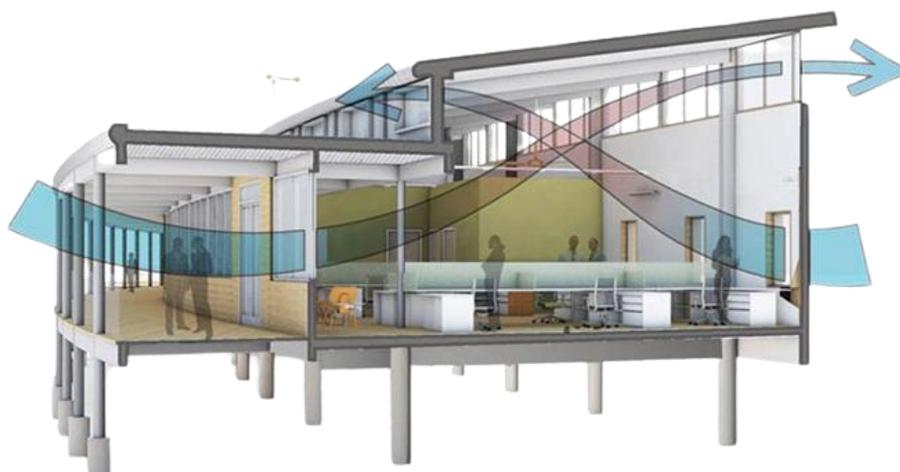


Figura 5.- Ventilación de espacios.

2.4. Mejora de la eficiencia de las instalaciones térmicas.

a) Importancia del Certificado de Eficiencia Energética

Es habitual que se actualicen instalaciones solo cuando se averían, manteniendo tecnologías obsoletas y poco eficientes. Para garantizar una aplicación óptima de las medidas financieras relacionadas con la eficiencia energética en la renovación de edificios, es necesario vincular las ayudas a la calidad de las obras de renovación y al ahorro de energía alcanzable de manera objetiva y cuantificable. Por ejemplo, se puede utilizar el nivel de certificación del instalador, una auditoría energética o la mejora conseguida como resultado de la renovación, evaluando los Certificados de Eficiencia Energética emitidos antes y después de la renovación mediante valores estándar.

Cuando se proceda a la instalación, reemplazo o mejora de una instalación técnica en un edificio, se debería examinar la eficacia energética general de la parte alterada y, si procede, de toda la instalación modificada. Sería conveniente que los resultados de dicha evaluación se registren y se suministren al propietario del edificio, de modo que puedan consultarse y emplearse para comprobar el cumplimiento de los requisitos mínimos fijados en la normativa española y emitir los correspondientes certificados de eficiencia energética.

b) Medidas generales para las instalaciones térmicas.

En las renovaciones de sistemas de calefacción por agua, se sugieren las siguientes medidas generales que se aplican a todo tipo de renovación:

- Si se utilizan radiadores como unidades terminales, se recomienda la instalación válvulas con cabezal termostático para permitir el control independiente de la temperatura en cada estancia.
- Será necesario llevar a cabo el equilibrado hidráulico de la instalación de fontanería.
- En caso de que las distribuciones sean mediante tuberías verticales, se recomienda el uso de bombas de caudal variable.
- Se debe regular la temperatura de suministro a las unidades finales según la temperatura exterior (con una sonda de temperatura exterior), ajustando la temperatura de la caldera dentro de los límites permitidos por los equipos y servicios existentes.
- En cualquier instalación térmica colectiva, es necesario que se aíslen térmicamente las tuberías, accesorios, equipos, aparatos y depósitos correspondientes. Las pérdidas que se generan en las distribuciones pueden tener un peso significativo.

c) Sustitución de equipos existentes.

La opción más fácil en todas las instalaciones térmicas preexistentes que quieren ser renovadas es reemplazar de forma directa los equipos por otros que sean compatibles con la instalación existente y que presenten un rendimiento energético estacional superior, lo cual se traducirá en un menor consumo energético para proporcionar los mismos servicios.

La prioridad en los esfuerzos de renovación del parque inmobiliario debe ser la eficiencia energética, y se evalúa la posibilidad de utilizar energías renovables como fuente de energía final. Es importante destacar que incluso un pequeño aumento del 1% en el ahorro de energía puede reducir las importaciones de energía primaria en un 2.6%.

Siempre es necesario verificar en cualquier proceso de rehabilitación si se ha realizado una inspección periódica de eficiencia energética de la instalación térmica. En caso afirmativo, es importante revisar que el informe contenga:

- Evaluación del dimensionamiento de la producción térmica en cualquier rehabilitación, ya que es común que las instalaciones estén sobredimensionadas.

- Si ya se han planteado medidas de mejora de la eficiencia energética, es importante verificar su viabilidad para ser implementadas. [8]

2.5. Implantación de energías renovables.

A pesar de que cualquier fuente de energía renovable o residual es altamente ventajosa en la renovación de un edificio, se destacan de manera particular las siguientes opciones debido a su mayor aplicación en el ámbito de la rehabilitación de viviendas:

2.5.1. Biomasa

Se recomienda la utilización de biomasa en sistemas de calefacción doméstica siempre y cuando sus emisiones se encuentren dentro de los límites permitidos y se empleen de manera adecuada.

En entornos urbanos, se deben utilizar tecnologías idóneas para garantizar una combustión apropiada mediante dispositivos automatizados, y optar por biocombustibles poco contaminantes. En instalaciones de biomasa de gran tamaño, se deben instalar sistemas de limpieza de gases de combustión para reducir las emisiones a niveles aceptables y llevar a cabo un seguimiento continuo de las emisiones, asegurando en todo momento que no se afecte la calidad del aire en el entorno exterior.

En cualquier situación, se debe aprovechar la biomasa autóctona de la zona, principalmente en zonas rurales, mediante la utilización sostenible de la madera y los recursos agrícolas disponibles. [8]

2.5.2. Energía solar

Claramente, en cualquier ocasión en que sea viable técnica y económicamente, es aconsejable incorporar la energía solar. Antes de iniciar la rehabilitación de un edificio, se debe verificar si ya se ha instalado un sistema solar térmico para producir agua caliente sanitaria (ACS); en muchos edificios, dichos sistemas ya están instalados, pero no funcionan adecuadamente debido a una mala instalación, puesta en marcha defectuosa o falta de mantenimiento adecuado.



Figura 6.- Energía solar en cubiertas.

La integración de una instalación de energía solar térmica para ACS en un edificio implica que esta instalación trabaja en conjunto con la instalación térmica convencional del edificio. La instalación solar precalienta el agua hasta cierto punto, y luego la instalación térmica convencional la lleva hasta la temperatura deseada por

los usuarios. La eficiencia energética se mejora al reducir el consumo de energía convencional en proporción a la energía aportada por la instalación solar. Sin embargo, si la instalación solar no funciona correctamente, el usuario no se da cuenta de que la instalación solar no está aportando energía, ya que la instalación térmica convencional cumple con su función. Solo se puede detectar el fallo si se analizan los consumos registrados, los cuales aumentarían sin la aportación solar. Por desgracia, es común encontrar instalaciones solares que no se aprovechan eficazmente debido a la falta de contadores o la falta de lectura periódica de los mismos.

Al realizar la rehabilitación de un edificio, es necesario verificar si existe una instalación solar térmica para ACS y, en caso de que exista, asegurarse de que esté funcionando correctamente. En caso contrario, se debe poner en funcionamiento y realizar un mantenimiento mínimo que permita su adecuado aprovechamiento. La rentabilidad económica de la reparación de una instalación ya existente es muy favorable.

En el caso de viviendas rehabilitadas en las que se mejore la envolvente térmica, la demanda de calefacción se reduce de manera importante, lo que hace que el ACS tenga un papel más importante en la demanda de energía final, llegando a representar más del 50 % de los consumos EPBD (calefacción, refrigeración y ACS). En viviendas construidas antes del año 2006, este consumo alcanza en torno al 30% y, en zonas con inviernos suaves, puede ser aún mayor. Por lo tanto, es fundamental asegurarse de que la instalación solar para este servicio funcione correctamente.

La consideración de la implementación de energía solar térmica para ACS debe llevarse a cabo en todo momento, sugiriendo su empleo únicamente cuando se considere rentable desde un punto de vista técnico y económico. En caso de que la producción de ACS se haga mediante el uso de termos eléctricos basados en el efecto Joule, el uso de energía solar adquiere aún mayor importancia, recomendándose su utilización para cubrir al menos el 70% de este servicio. [8]

2.5.3. Bomba de Calor

La Bomba de Calor es reconocida por su capacidad para mejorar la eficiencia energética gracias a su alto rendimiento, así como por su capacidad para utilizar fuentes naturales de energía renovable, como el aire (mediante la aerotermia), el agua (hidrotermia), o el suelo (geotermia). Otra ventaja de la Bomba de Calor es que, en áreas con altas temperaturas de verano, su función reversible permite cubrir tanto las necesidades de refrigeración como las de calefacción.

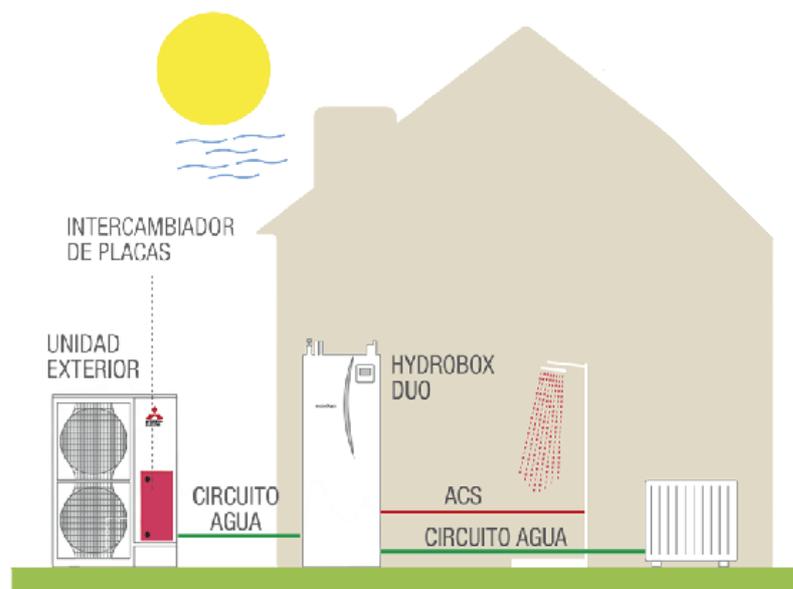


Figura 7.- Esquema bomba de calor.

A pesar de sus ventajas, las bombas de calor presentan ciertas limitaciones técnicas que dificultan su integración en todas las zonas climáticas en el corto plazo (2021-2030). Una de ellas es la limitación de la temperatura que pueden alcanzar, que en general no supera los 60°C, y su eficiencia se reduce considerablemente cuando la temperatura exterior es inferior a 7°C a causa de los ciclos de desescarche, lo que puede requerir una energía adicional de apoyo.

La siguiente figura presenta las condiciones de operación de una Bomba de Calor, incluyendo la curva de demanda de calefacción y las temperaturas exteriores. Se puede observar que las Bombas de Calor tienen una temperatura exterior mínima por debajo de la cual no pueden funcionar. A medida que la temperatura exterior aumenta, también lo hace la potencia y la eficiencia de la Bomba de Calor, alcanzando su máximo en el rango de 0°C a 7°C. Sin embargo, las necesidades de desescarche tienen un efecto significativo en su rendimiento en este rango de temperatura, reduciendo abruptamente su eficiencia. A partir de esa temperatura, la eficiencia de la Bomba de Calor comienza a mejorar gradualmente con el aumento de la temperatura exterior.

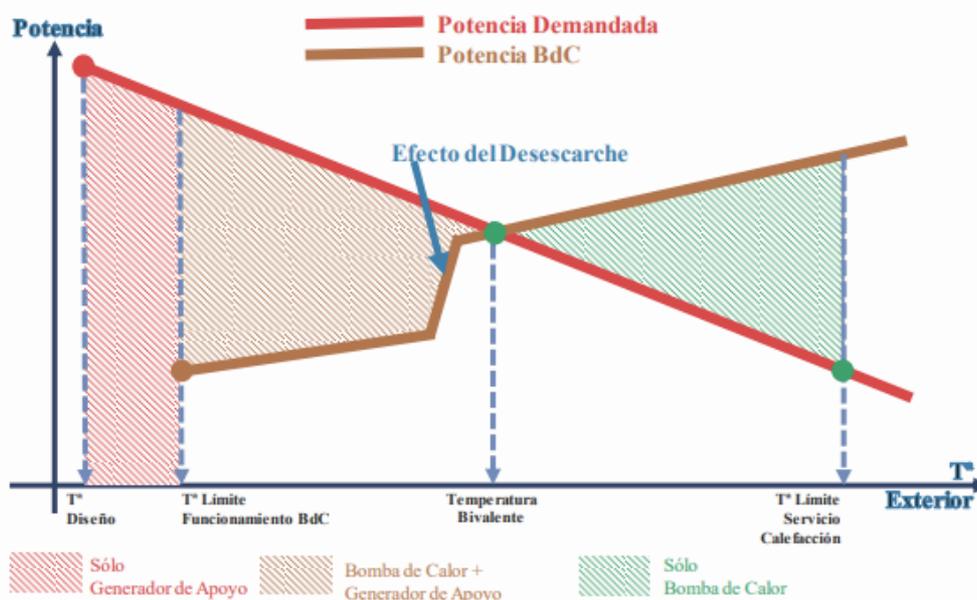


Figura 8.- Curvas de funcionamiento de una bomba de calor y de la demanda de calefacción Fuente: Asociación Técnica Española de la Climatización y la Refrigeración (Atecyr). [9]

Considerando las características mencionadas, en general se recomienda, para el horizonte 2030, la utilización de Bombas de Calor solamente en zonas con inviernos suaves (hasta la zona climática C). En zonas más frías, su implementación no se considera como una medida generalizada, sino que dependerá de un análisis detallado de las condiciones específicas de cada caso y de la rehabilitación prevista. [8]

Debido a los innegables beneficios de la bomba de calor, se procede a analizar sus oportunidades como sistema alternativo para reemplazar los sistemas actuales basados principalmente en calderas (que emplean combustibles fósiles) con distribución de agua y radiadores, cuyas temperaturas de operación (impulsión y retorno) suelen oscilar entre 90-70°C y 80-60°C.

Es evidente que una opción inicial podría ser la eliminación del sistema de tuberías y radiadores existentes y la adopción de una Bomba de Calor Aire-Aire (Splits). Sin embargo, si se desea sustituir solamente la caldera por una Bomba de Calor Aire-Agua manteniendo el sistema de tuberías y radiadores existente, será necesario verificar si el subsistema de distribución y emisión actual puede proporcionar la potencia requerida con las nuevas temperaturas de servicio permitidas por la Bomba de Calor, que serán inferiores a las de la caldera original.

Considerando que será necesario hacer un análisis minucioso en cada caso específico, ATECYR ha realizado un estudio preliminar sobre el tema, que puede proporcionar una guía general para las posibles temperaturas de operación, evaluando las diversas opciones según si el edificio cumple con los requisitos de la normativa NBE

CT-79 o si no tiene aislamiento térmico debido a que fue construido antes de su entrada en vigor.

El propósito es determinar si la disminución de la demanda debido a la rehabilitación de la envolvente puede permitir reducir la nueva temperatura de impulsión de los radiadores una vez que se reemplace la caldera por la Bomba de Calor. De esta manera, los radiadores (originalmente diseñados para temperaturas de impulsión de 90°C y retorno de 70°C o impulsión de 80°C y retorno de 60°C -temperaturas de diseño a partir de 1998-) podrían proporcionar condiciones de confort similares a las originales, funcionando a las nuevas temperaturas de impulsión de 60°C y retorno de 50°C, compensando la menor diferencia de temperatura gracias a la disminución de las cargas térmicas con la rehabilitación de la envolvente. Este análisis debe realizarse de manera individualizada para cada caso.

Es relevante destacar que, al disminuir la capacidad de los generadores y por ende la cantidad de calor transferido a los radiadores al trabajar a temperaturas más bajas, se deberán ajustar las condiciones de uso. Generalmente, los usuarios relacionan la "calefacción" con la "temperatura de los radiadores". Por tanto, dado que la temperatura de los radiadores será más baja después de la reforma, lo que puede generar la sensación de falta de calefacción, se debe concienciar a los usuarios de que estas soluciones pueden requerir horarios de calefacción más prolongados que los que estaban acostumbrados anteriormente.

El estudio realizado por ATECYR ha permitido establecer las siguientes consideraciones generales:

En los edificios no compactos que cumplen con la norma NBE CT-79, las mejoras de la envolvente muchas veces no son suficientes para reducir la carga térmica hasta el punto de poder operar a 60°C/50°C directamente utilizando los radiadores existentes (que son adecuadas para las Bombas de Calor). En estos casos, muy probablemente será necesario reemplazar los radiadores existentes con otros de mayor tamaño si se decide finalmente instalar Bombas de Calor.

En construcciones de alta compacidad que cumplan con la normativa NBE CT-79, la renovación de la envolvente puede permitir la utilización de los mismos radiadores preexistentes a las nuevas temperaturas de funcionamiento, posibilitando la integración directa de la Bomba de Calor sin requerir alteraciones en el resto de la instalación ni en los radiadores.

En términos generales, en cualquier edificación sin aislamiento térmico (previa a la NBE CT-79) en la que se realice una renovación integral que cumpla con el CTE DB HE (bien sea de manera voluntaria o requerida, como en el caso de afectar a más del 25% de la envolvente) y cuente con sistemas de calefacción por radiadores, debería ser factible la incorporación de Bombas de Calor mediante la distribución existente por radiadores, ya que la disminución de la demanda térmica lograda gracias a la renovación debería ser suficiente para asegurar las condiciones de confort adecuadas operando a bajas temperaturas.

Por último, es necesario verificar antes de reemplazar las calderas por Bombas de Calor que se cuenta con la capacidad eléctrica adecuada, o que se pueda ampliar la acometida eléctrica en caso necesario. Asimismo, es fundamental instalar los equipos de Bomba de Calor en la cubierta del edificio o en cualquier zona exterior apta que permita asegurar el suministro de aire exterior necesario. [9]

3 CASO PRÁCTICO

Para comprobar la repercusión que tendría este tipo de reformas en un caso real, se va a proceder al estudio de una rehabilitación energética en una vivienda unifamiliar tipo, analizando el coste y el beneficio de la renovación, incluyendo los ahorros de energía y la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, el retorno de inversión y el impacto financiero para los residentes.

Se ha seleccionado un edificio que consta de dos plantas y unos 190 metros cuadrados. La superficie está distribuida en un salón, una cocina-comedor, cuatro habitaciones y tres baños. A continuación se muestra una representación de la distribución de la vivienda. La altura de cada planta es de 3 metros. La ocupación de la vivienda se va a suponer de 4 personas.



Figura 9.- Distribución del edificio.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta y que influye en gran medida en el tipo de mejoras a realizar es el clima de la zona. El Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) establece diferentes zonas climáticas en función de la provincia en la que se encuentra el edificio y la altitud sobre el nivel del mar. Esta zona climática también va a influir en algunos de los valores límite exigidos en el CTE como la transmitancia térmica y la permeabilidad al aire de los huecos.

En este caso, se ha seleccionado la ciudad de Sevilla, que se encuentra en la zona climática B4. El tiempo de la ciudad está caracterizado por el clima mediterráneo, con veranos calurosos y secos e inviernos suaves, además de contar con numerosas horas de sol durante todo el año. Durante el transcurso de las diferentes estaciones, la temperatura suele oscilar entre los 6 °C y los 36 °C. En el siguiente gráfico se puede observar la temperatura media a lo largo del año.

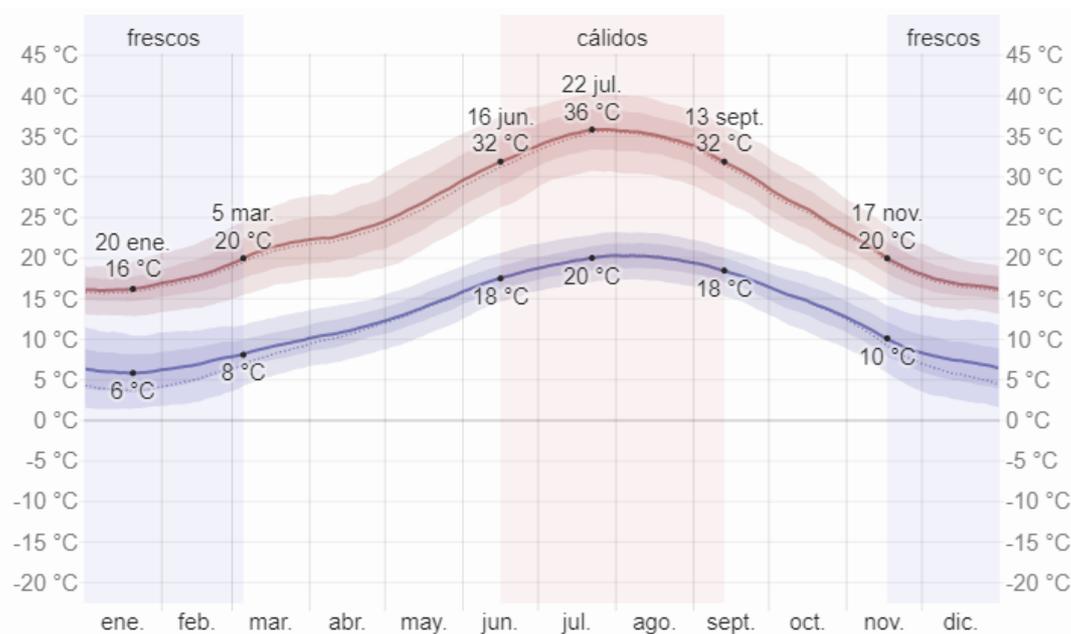


Figura 10.- Temperatura máxima y mínima promedio en Sevilla. Fuente:

Otro aspecto que influye en la demanda energética del edificio es su orientación, porque afecta a la cantidad de radiación solar que recibe, especialmente a través de los huecos semitransparentes. Para poder definir la orientación en el programa de simulación que se va a usar, necesitamos conocer el ángulo formado por la dirección norte y la normal exterior a la fachada principal, en sentido horario.

En este caso, tal y como se puede ver en la siguiente figura, el ángulo que forman es de 103° aproximadamente.

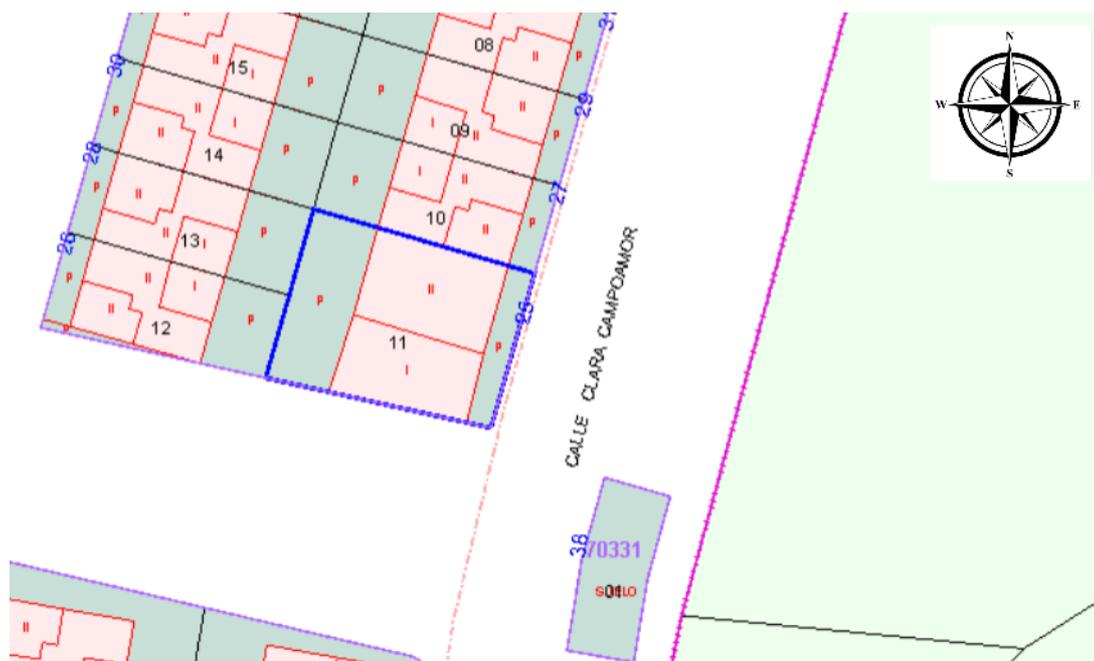


Figura 11.- Orientación del edificio. Fuente: Catastro

3.1. Modelo base

A continuación se van a definir los parámetros necesarios para la simulación energética y posteriormente los resultados obtenidos.

3.1.1. Envoltente

Para poder modelar el comportamiento térmico del edificio, es necesario conocer las características de la envoltente del modelo base. A continuación, se detallan los materiales de los elementos constructivos junto a su espesor y la conductividad térmica:

Tabla 4.- Elementos constructivos: Muro exterior.

MURO EXTERIOR			
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m ² K)	Conductividad global (W/m ² K)
1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60	0.115	0.667	0.55
EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/mK]	0.050	0.038	
Tabique de LH sencillo 40 mm < E < 60 mm	0.050	0.445	
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0.020	0.570	

Tabla 5.- Elementos constructivos: Cubierta.

CUBIERTA			
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m²K)	Conductividad global (W/m²K)
Azulejo cerámico	0.010	1.300	0.50
Mortero de cemento o cal para albañilería	0.020	0.550	
Tabique de LH sencillo 40 mm < E < 60 mm	0.060	0.445	
EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/mK]	0.060	0.038	
Hormigón armado 2300 < d < 2500	0.180	2.300	
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0.020	0.570	

Tabla 6.- Elementos constructivos: Forjado interior.

FORJADO INTERIOR			
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m²K)	Conductividad global (W/m²K)
Azulejo cerámico	0.020	1.300	0.70
Mortero de cemento o cal para albañilería	0.020	0.550	
EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/mK]	0.040	0.038	
Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0.210	1.650	
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0.020	0.570	

Tabla 7.- Elementos constructivos: Tabiques.

TABIQUES			
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m²K)	Conductividad global (W/m²K)
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0.020	0.570	2.35
Tabicón de LH doble 60 mm < E < 90 mm	0.080	0.432	
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0.020	0.570	

Tabla 8.- Elementos constructivos: Solera.

SOLERA			
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m²K)	Conductividad global (W/m²K)
Azulejo cerámico	0.020	1.300	1.40
Mortero de cemento o cal para albañilería	0.010	0.550	
Hormigón armado 2300 < d < 2500	0.200	2.300	
Tierra vegetal d < 2050	0.200	0.520	

Tabla 9.- Elementos constructivos: Huecos acristalados.

HUECOS ACRISTALADOS	
Vidrio simple	
Fración de marco	10%
Permeabilidad al aire	25 m ³ /hm ² a 100 Pa
Conductividad	5.98 W/m ² K

3.1.2. Ventilación

Para la simulación energética del edificio es necesario conocer el valor de la ventilación del mismo. El Documento Básico HS (Salubridad) establece unos mínimos de aporte de aire exterior para conseguir que en cada local la concentración de CO₂ no exceda unos límites y sea suficiente para eliminar los contaminantes no directamente relacionados con la presencia humana. Estos valores se recogen en la siguiente tabla:

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ^{(1) (2)}			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los *locales* secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor

(2) Cuando en un mismo *local* se den usos de *local* seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente

(3) Otros *locales* pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

Figura 12.- Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables. Fuente: Documento Básico HE Ahorro de Energía.

Al tratarse de una vivienda, cuenta con locales secos y húmedos. Para obtener el valor del caudal de ventilación, se debe calcular el caudal correspondiente a locales secos y locales húmedos y seleccionar el más determinante. Esto se debe a que el caudal de los locales secos es de admisión y el de locales húmedos de extracción, por lo tanto, para evitar zonas con depresión o sobrepresión, ambos caudales deben ser el mismo, tomando el valor más desfavorable.

En nuestro caso este valor resulta de 48 l/s.

3.1.3. Demanda de ACS.

En cuanto a la demanda de agua caliente sanitaria (ACS), existe un valor de referencia para edificios de uso residencial privado, considerándose unas necesidades de 28 litros/día·persona (a 60°C). En nuestro caso, al suponer una ocupación de 4 personas, se obtiene una demanda de 112 litros/día·persona.

El DB-HE también define unos sistemas de producción de referencia, tanto para ACS como calefacción y refrigeración. Para la simulación se van a usar los valores de la siguiente figura.

Tecnología	Vector energético	Rendimiento nominal
Producción de calor y ACS	Gas natural	0,92 (PCS)
Producción de frío	Electricidad	2,60

Figura 13.- Sistemas de referencia. Fuente: Documento Básico HE Ahorro de Energía.

3.1.4. Resultados del modelo base.

Una vez recopilados todos los parámetros necesarios, se procede al modelado 3D del edificio y la simulación energética con la herramienta de cálculo. Para el modelado se han usado dos de los programas de cálculo más usados en la actualidad.

El primero de los softwares es la Herramienta Unificada LIDER/CALENER (HULC), procedimiento general reconocido por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico para la verificación del DB-HE y emisión de informes para la certificación energética de edificios. Utiliza como motor de cálculo S3PAS, desarrollado por el Departamento de Termodinámica de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Sevilla. Los datos usados para los análisis del edificio van a ser los de esta herramienta.

El otro software utilizado es el programa Cypetherm HE PLUS, desarrollado por Cype Ingenieros. También es reconocido por el Ministerio desde 2018. Su motor de cálculo es EnergyPlus, creado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE).

Se muestran a continuación dos imágenes del resultado del modelo 3D en cada uno de los softwares utilizados:

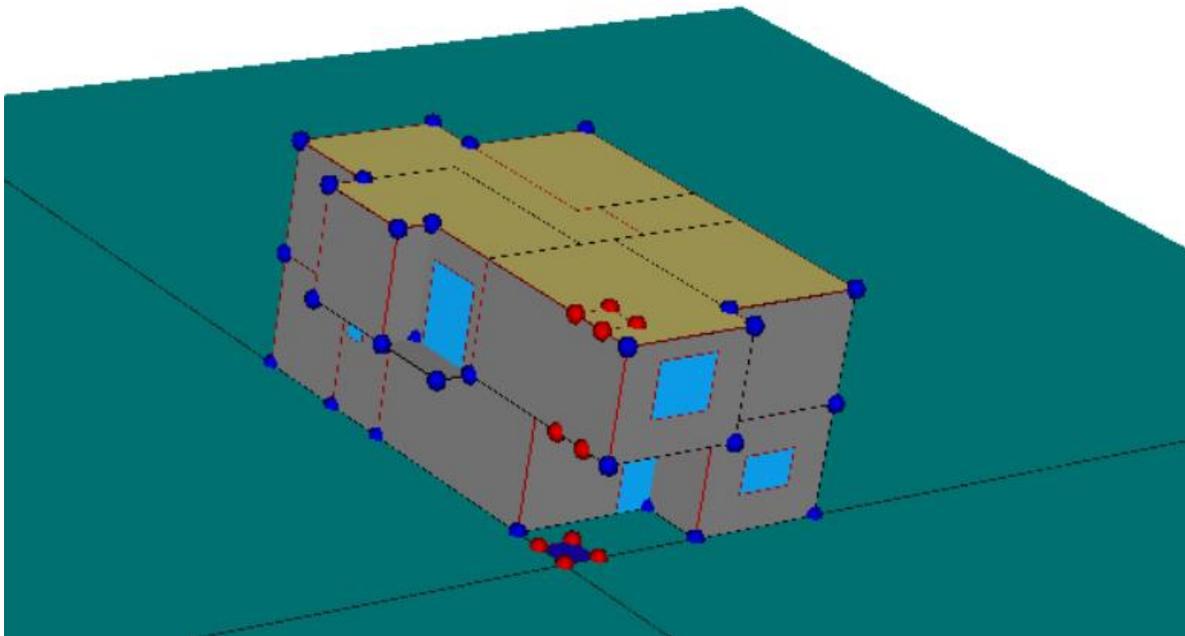


Figura 14.- Fachada frontal del edificio. Fuente: HULC.

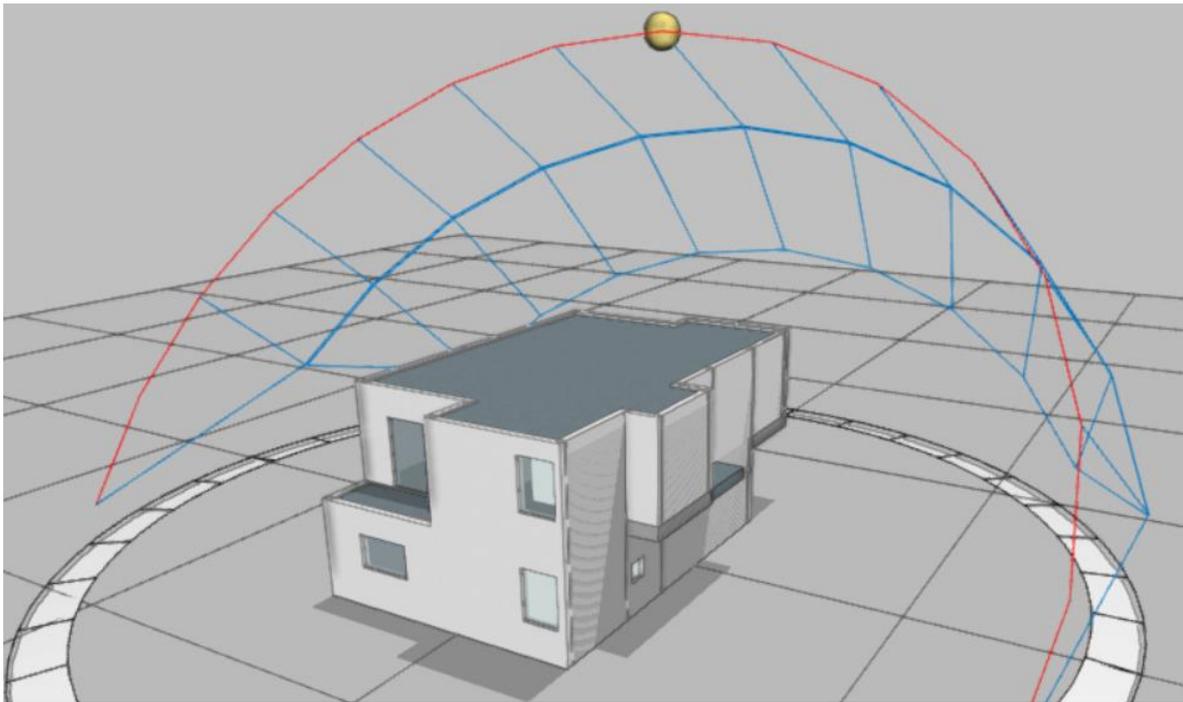


Figura 15.- Fachada trasera del edificio. Fuente: IFC Builder (Cype).

Pasando a los resultados obtenidos tras la simulación de la situación inicial, la figura 12 muestra las demandas anuales por metro cuadrado de la vivienda, siendo la de calefacción de 46.9 kWh/m² y la de refrigeración de 25.5 kWh/m².

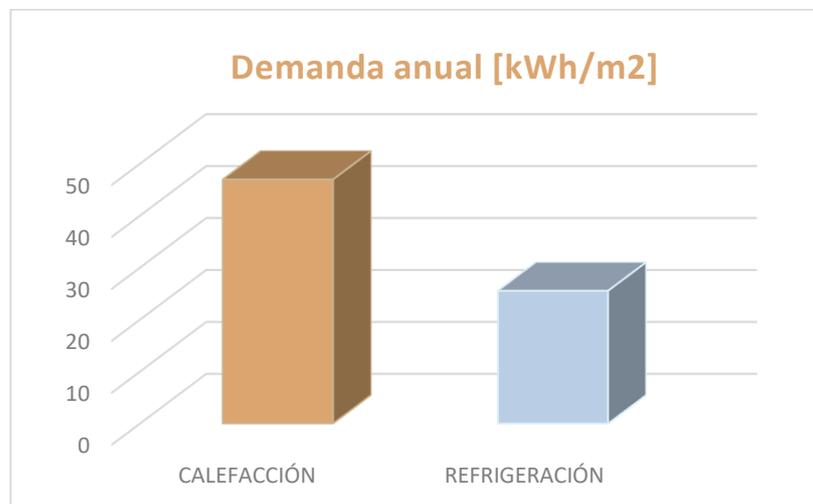


Figura 16.- Demanda anual.

Los valores obtenidos no cumplen las exigencias establecidas por el DB-HE, que limitan el consumo y las transmitancias térmicas del edificio en función de la zona climática. Por ello, se plantean una serie de medidas que permitan reducir los valores obtenidos.

A continuación, se muestra la distribución del consumo en calefacción y refrigeración por meses del año.

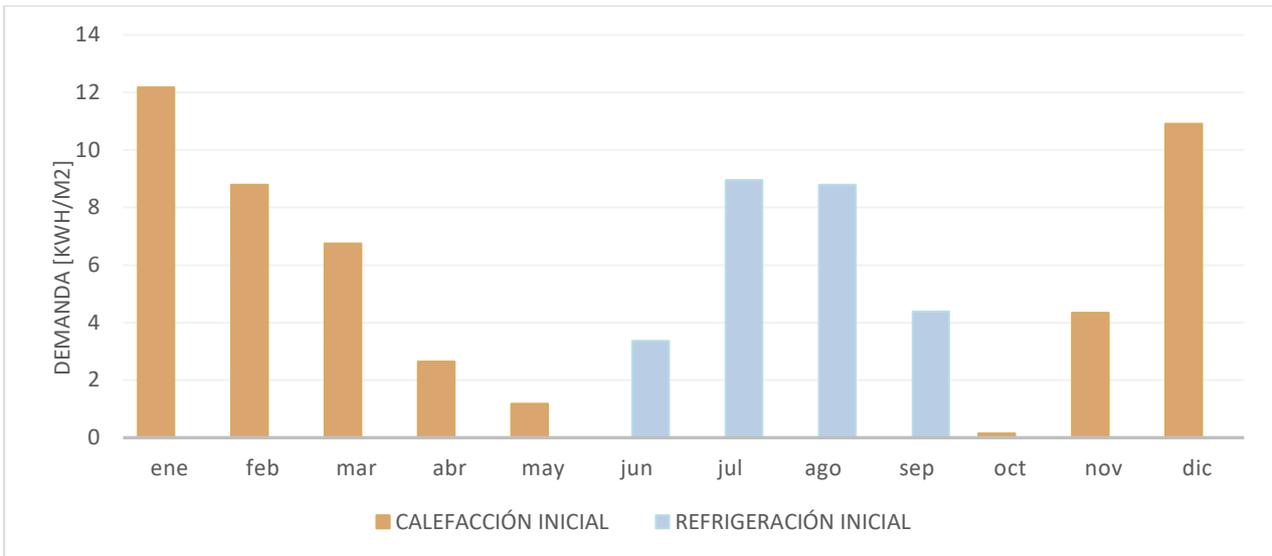


Figura 17.- Distribución de la demanda por meses.

Es importante conocer las diferentes cargas térmicas que influyen en estos resultados para poder actuar sobre ellas. La siguiente gráfica de barras muestra el balance energético del edificio mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica a través de elementos pesados y ligeros (Q_{op} y Q_w , respectivamente), la energía intercambiada por ventilación e infiltraciones (Q_{ve+inf}), la ganancia de calor interna debida a la ocupación (Q_{ocup}), a la iluminación (Q_{ilum}) y al equipamiento interno (Q_{equip}), así como el aporte necesario de calefacción (Q_H) y refrigeración (Q_C).

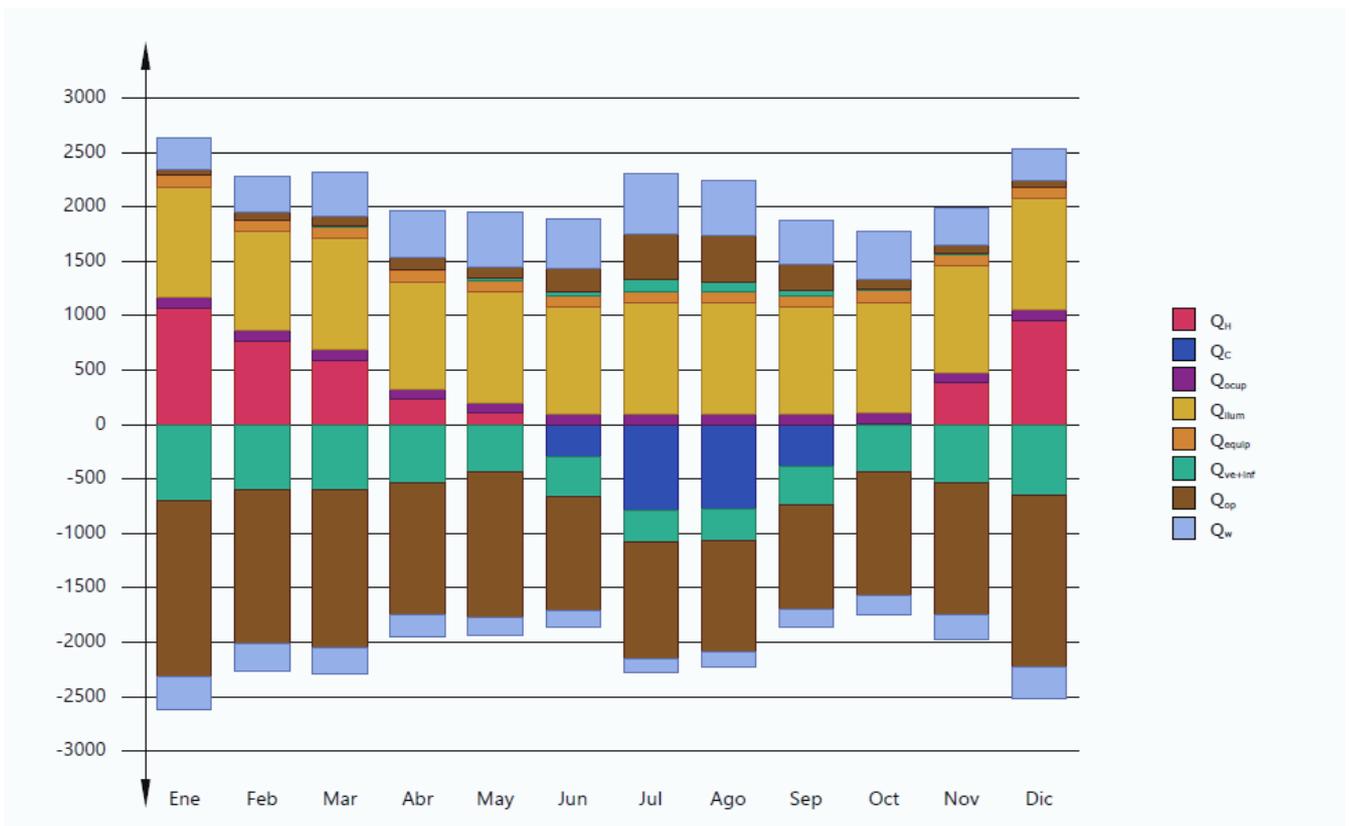


Figura 18.- Balance energético por meses. Fuente: Cypetherm.

Las demandas de energía se obtienen con la diferencia entre pérdidas y ganancias. En la gráfica anterior están representadas por las franjas rojas y azul, haciendo que los valores positivos y negativos se igualen.

Analizando el balance anterior, se puede comprobar que las pérdidas de energía (parte negativa de la gráfica) están compuestas básicamente por la transmisión a través de cerramientos y pérdidas por infiltraciones y ventilación en menor medida. Por lo tanto, para la disminución de la energía necesaria en calefacción vamos a tener que reducir estas pérdidas.

Al contrario, en los meses que es necesaria la refrigeración, debemos reducir las ganancias (parte positiva de la gráfica). Estas están compuestas principalmente por la iluminación y la transmisión a través de los huecos.

En el siguiente apartado se comprobará la influencia de diferentes modificaciones al modelo inicial con objeto de reducir el aporte de energía necesario.

4 MEDIDAS DE MEJORA

Como se ha comprobado en el apartado anterior, los resultados obtenidos no cumplen las exigencias establecidas. La calificación del certificado energético es D para demanda de calefacción y C para refrigeración. A continuación, se van a proponer una serie de medidas para mejorarlo.

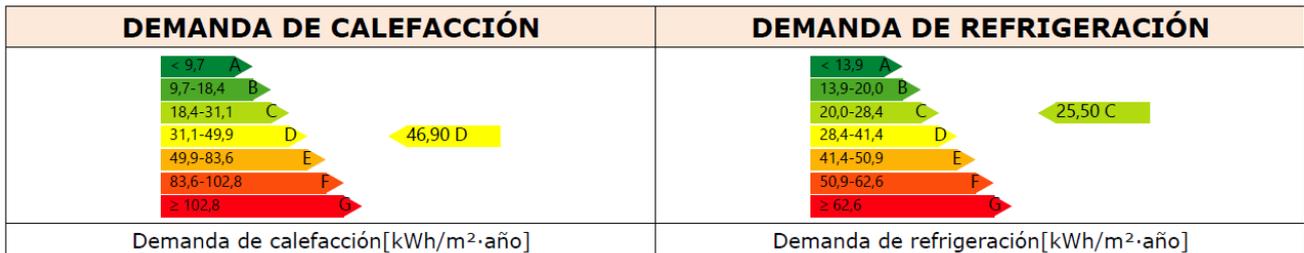


Figura 19.- Calificación energética del modelo inicial.

El objetivo de las propuestas de mejora es disminuir la demanda energética tanto en refrigeración como en calefacción. Dichas demandas se definen con las siguientes expresiones:

$$D_{cal} = Pérdidas - Ganancias$$

La energía necesaria a aportar corresponde a las pérdidas de calor a través de cerramientos, puentes térmicos e infiltraciones. En este caso, las ganancias debidas a la radiación solar a través de los huecos y a fuentes internas cuentan positivamente, ya que reducen la demanda de calefacción.

$$D_{ref} = Ganancias - Pérdidas$$

En este caso, las cargas que hay que contrarrestar son las positivas. Entre ellas se encuentran las ganancias a través de los huecos y por infiltraciones y ventilación.

Buscando la reducción de la demanda, se van a modificar los siguientes aspectos:

Transmitancia de los cerramientos

En el modelo base estudiado, algunos de los elementos constructivos ni siquiera cumple los valores mínimos exigidos de transmitancia térmica por el DB-HE, por lo tanto se van a proponer diferentes niveles de aislamiento que mejoren la calidad constructiva. Ya que hay un amplio rango de mejoría en la envuelta térmica, las propuestas se van a centrar en aprovecharlo.

Tabla 10.- Valores de transmitancias térmicas propuestos (W/m²K).

	VALOR INICIAL	VALOR EXIGIDO	VALOR RECOMENDADO	VALOR DE ALTA EFICIENCIA
MURO EXTERIOR	0.55	0.56	0.36	0.26
CUBIERTA	0.5	0.44	0.3	0.21
FORJADO INTERIOR	0.7	0.75	0.45	0.32
TABIQUERÍA	2.35	0.75	0.45	0.32
SOLERA	1.4	0.75	0.45	0.32
HUECOS ACRISTALADOS	5.98	2.3	2.1	1.9

Permeabilidad

En el DB-HE se definen los diferentes niveles de permeabilidad como clase 1 (50 m³/h·m²), clase 2 (27 m³/h·m² – mínimo exigido) y clase 3 (9 m³/h·m²). El caso inicial es de clase 1, y en las propuestas simuladas se comprobará como afecta mejorar la permeabilidad a valores inferiores.

Control solar

En el modelo base no se han aplicado ningún tipo de control solar en las ventanas. Dicha medida hace que disminuya el factor solar de los huecos, disminuyendo consecuentemente las ganancias solares que afectan en la demanda de refrigeración. Por lo tanto, para la versión mejorada se propone la instalación de toldos, disminuyendo el factor solar en un 50 %. Estos estarán activos únicamente los meses de verano.

Ventilación nocturna

Aumentar la ventilación nocturna en los meses de verano hace que se aproveche el descenso de la temperatura exterior para enfriar y renovar el aire interior del edificio, consiguiendo que la carga que tiene que soportar el sistema de refrigeración sea menor, además de un ambiente interior más saludable.

A partir de la actuación anterior, se plantean cinco paquetes constructivos:

4.1. Paquete nivel 1.

En este primer nivel de mejora se van a modificar únicamente los valores que no cumplen las exigencias del CTE, por lo tanto solo vamos a aumentar el espesor de aislamiento para mejorar la transmitancia térmica de los cerramientos hasta el nivel exigido y se va a pasar de permeabilidad clase 1 a clase 2. Los resultados obtenidos son los siguientes:

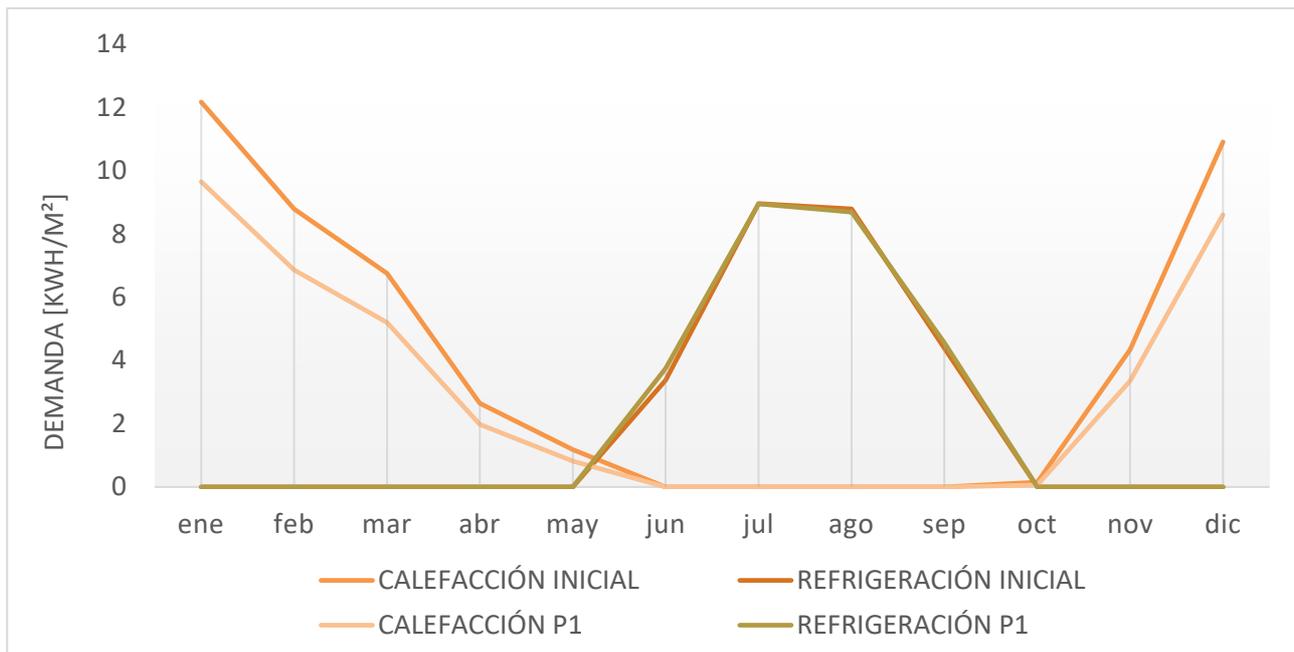


Figura 20.- Demanda energética paquete 1.

Se observa que la demanda de calefacción ha disminuido significativamente, concretamente en un 22%, debido a la disminución de las pérdidas a través de los cerramientos en los meses de invierno. En cambio, la demanda de refrigeración se ha mantenido muy similar a la del modelo inicial, puesto que las pérdidas a través de los cerramientos no son la carga predominante.

D. CALEFACCIÓN (kwh/m ²)	D. REFRIGERACIÓN (kwh/m ²)
36.53	25.94

En cuanto a la certificación energética, sigue siendo la misma que la anterior puesto que no se ha reducido lo suficiente como para cumplir el nivel superior.

4.2. Paquete nivel 2.

Para comprobar si aún se puede mejorar la demanda modificando solamente la transmitancia térmica de los aislamientos, se simula un nuevo modelo con los valores de transmitancia térmica recomendados, manteniendo la permeabilidad clase 2. Se obtienen los siguientes resultados:

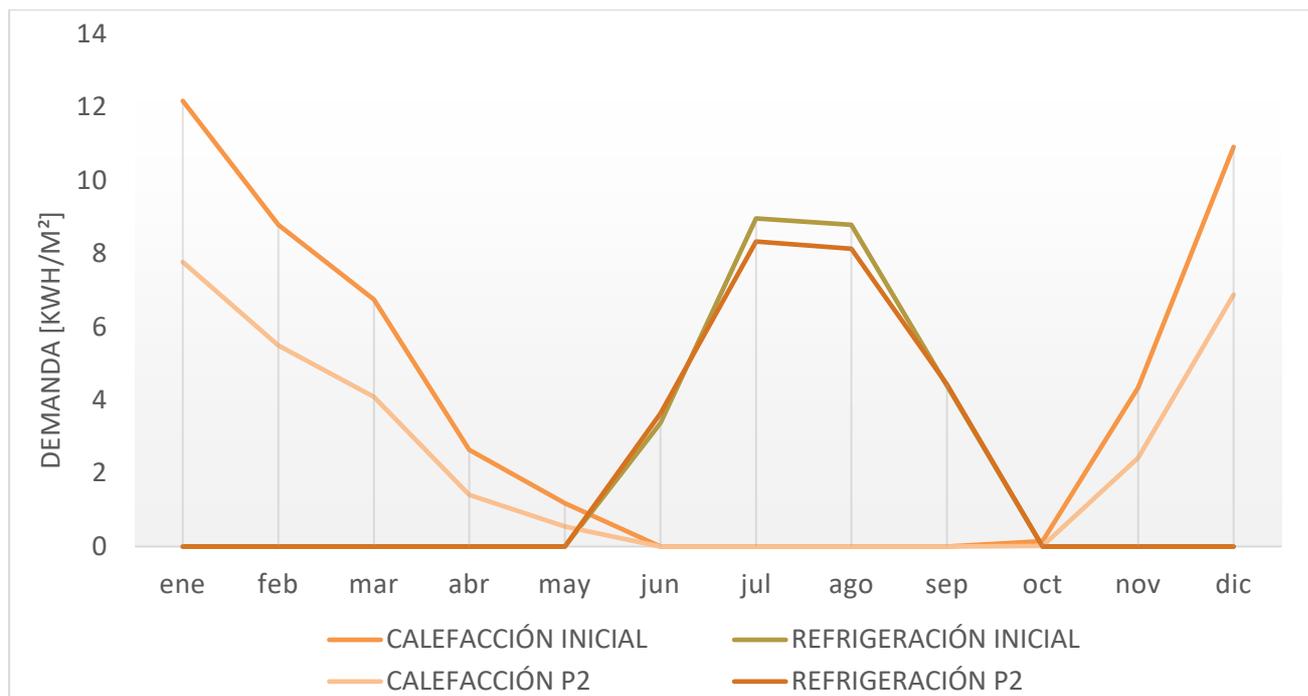


Figura 21.- Demanda energética paquete 2.

Como ya hemos comprobado antes, aumentar la transmitancia térmica hace que disminuya la demanda de calefacción, con estos nuevos valores un 39% respecto al modelo inicial. En este caso, la disminución de pérdidas en modo refrigeración si se hace algo significativa, disminuyendo en un 4%. Se ha conseguido gracias a la mejora de la transmitancia térmica de los huecos acristalados, que ha reducido las ganancias a través de ellos.

D. CALEFACCIÓN (kwh/m ²)	D. REFRIGERACIÓN (kwh/m ²)
28.63	24.52

En términos de certificación energética, la calificación en refrigeración se ha mantenido, pero la de calefacción ha mejorado del nivel D al C.

4.3. Paquete nivel 3.

Con las modificaciones anteriores se ha conseguido reducir notablemente la demanda de calefacción, sin embargo, la de refrigeración ha sufrido cambios muy leves. Para obtener una mejora en los meses más calurosos, vamos a comprobar la influencia de la instalación de toldos.

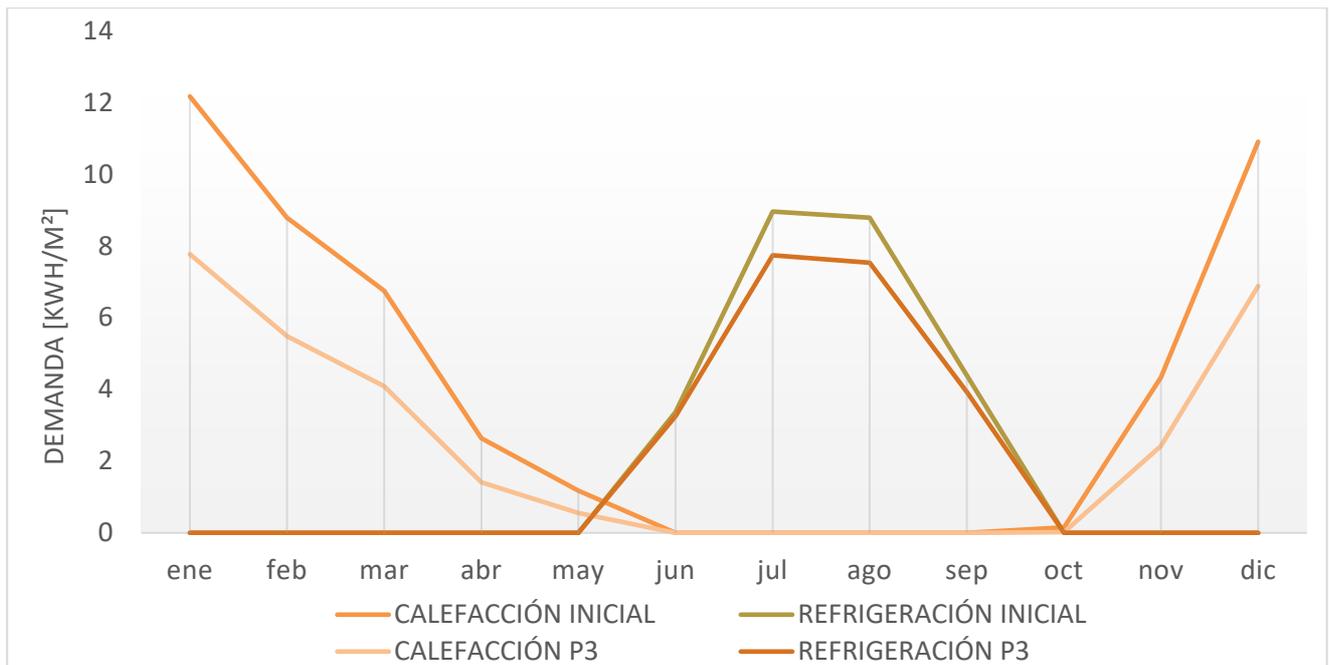


Figura 22.- Demanda energética paquete 3.

Al estar solo activos en los meses de verano, la demanda de calefacción no se ve modificada. Sin embargo, se consigue una reducción del 11% en la demanda de refrigeración respecto al modelo inicial gracias a la reducción del factor solar de los huecos.

D. CALEFACCIÓN (kwh/m ²)	D. REFRIGERACIÓN (kwh/m ²)
28.63	22.45

En relación a la certificación energética, se mantiene igual al modelo anterior.

4.4. Paquete nivel 4.

En este nivel se va a aprovechar el descenso de la temperatura exterior en las noches de verano para refrescar y renovar el aire interior del edificio. Inicialmente la ventilación nocturna se había tomado igual a la diaria. En este apartado se considera una tasa de ventilación nocturna 4 veces mayor a la diurna.

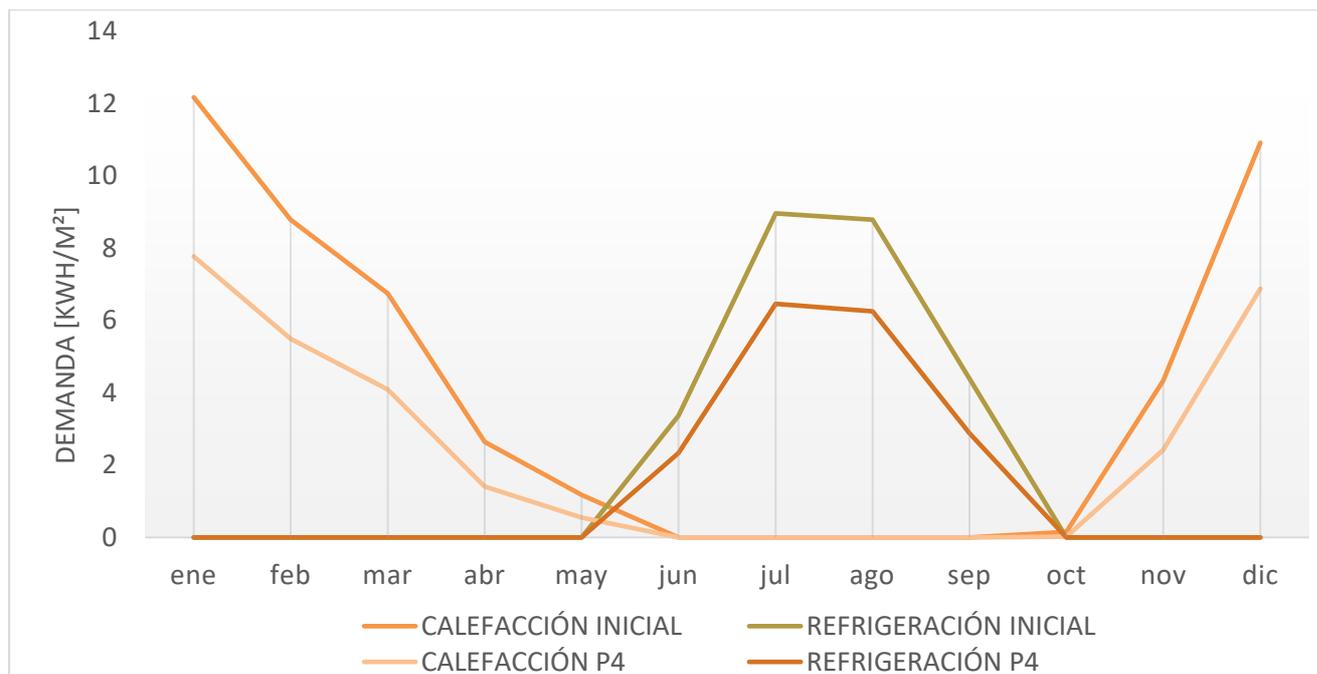


Figura 23.- Demanda energética paquete 4.

Tal como se anticipaba, la demanda de calefacción se mantiene puesto a que esta medida se aplica en los meses de verano y la de refrigeración ha disminuido un 20% respecto al paquete 3, verificando que ventilar la vivienda por las noches puede suponer una notable mejoría en la demanda de en refrigeración.

D. CALEFACCIÓN (kwh/m ²)	D. REFRIGERACIÓN (kwh/m ²)
28.63	17.92

En cuanto a la certificación energética, la calificación en demanda de refrigeración ha aumentado al nivel B y la de calefacción se encuentra en el nivel C, consiguiendo ya una calificación eficiente que consume menos que la media nacional.

4.5. Paquete nivel 5.

Finalmente, se reduce la transmitancia térmica de los materiales constructivos hasta el nivel de alta eficiencia energética manteniendo el resto de medidas del paquete anterior.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

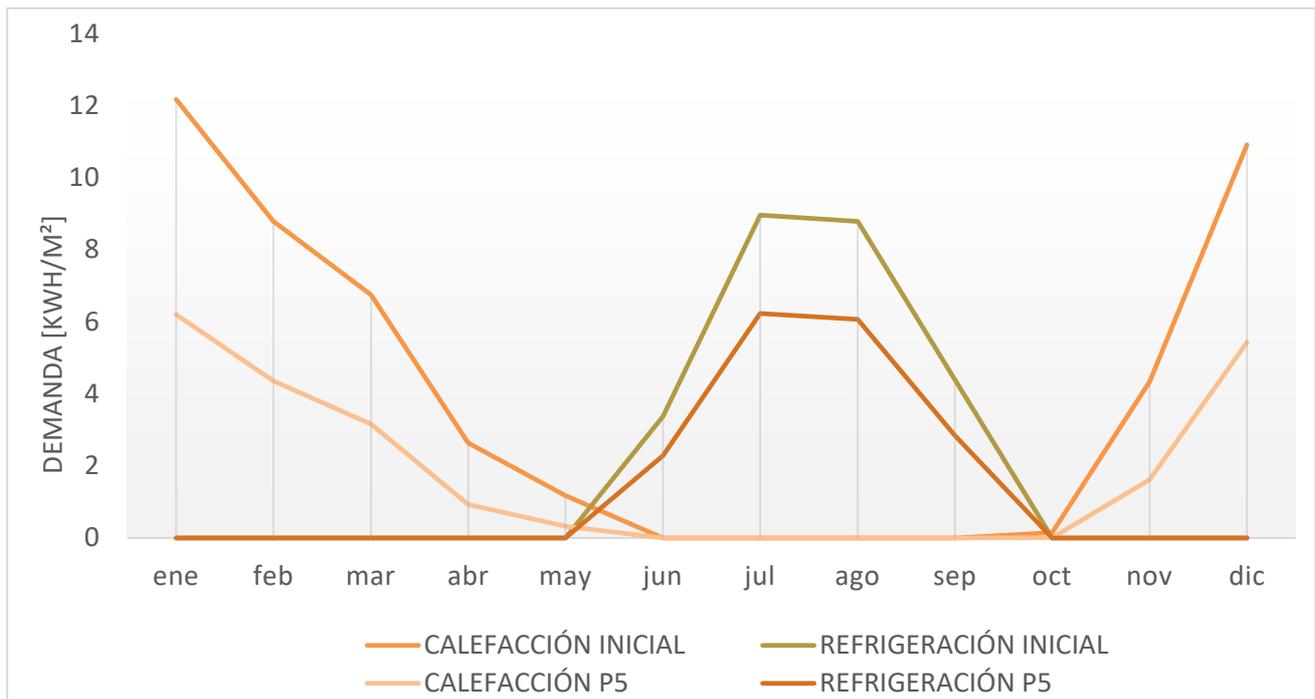


Figura 24.- Demanda energética paquete 5.

Al igual que en los modelos anteriores, aumentando el nivel de aislamiento lo que se consigue es reducir de manera considerable la demanda de calefacción y una leve disminución de la de refrigeración.

En concordancia con las expectativas, el modelo en el que se han usado valores de alta eficiencia es el que menos energía requiere para mantener las condiciones de confort. Comparándolo con el modelo base, en valores totales de demanda, se ha disminuido en un 44.5%. Estas medidas, combinadas con sistemas de climatización eficientes y con el uso de energías renovables daría como resultado una vivienda con un consumo energético muy bajo.

D. CALEFACCIÓN (kwh/m²)	D. REFRIGERACIÓN (kwh/m²)
22.04	17.42

Finalmente, la calificación resulta nivel B para refrigeración y C para calefacción.

En la siguiente tabla resumen se recogen todos los resultados obtenidos anteriormente:

Tabla 11.- Resumen de las demandas de cada paquete.

DEMANDA (kwh/m2)	INICIAL	PAQUETE 1	PAQUETE 2	PAQUETE 3	PAQUETE 4	PAQUETE 5
Calefacción	46.93	36.53	28.63	28.63	28.63	22.04
Refrigeración	25.51	25.94	24.52	22.45	17.92	17.42
TOTAL	72.44	62.47	53.15	51.08	46.55	41.54

5 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Teniendo total libertad a la hora de modificar un edificio no es complicado conseguir una buena calificación como hemos comprobado anteriormente. Pero en la realidad no es así, este tipo de medidas suponen una gran inversión inicial y en algunas ocasiones son difícil de implantar. En este apartado se va a realizar un estudio de la viabilidad económica de los modelos simulados anteriormente.

Para poder contrastar las diferentes medidas a lo largo del tiempo, se va a calcular el coste de ciclo de vida (CCV) aplicado a la rehabilitación. Dicho término se basa en cuatro componentes fundamentales: flujos financieros de costes y beneficios, periodo temporal del proyecto, tasas de descuento o actualización y el enfoque utilizado para analizar los resultados (en nuestro caso menor demanda energética, añadiendo también un interés medioambiental). El resultado es el valor actualizado neto de todos los flujos financieros del proyecto. [14]

Aplicado a este proyecto, los flujos financieros de costes serán las inversiones iniciales necesarias para cada mejora, además de los costes de consumo energético requeridos para acondicionar la vivienda y los costes de mantenimiento. Para realizar los cálculos se va a tomar como precio de energía actual 0,17 €/kWh y una tasa del 3% para un ciclo de vida de 30 años. Los sistemas de referencia para el cálculo del consumo son los de la figura 9.

La expresión utilizada para el cálculo del CCV es la siguiente:

$$CCV = Coste\ inicial + Coste\ mantenimiento + Coste\ de\ operación * \left(\frac{(1 + i)^{(n-1)}}{i * (1 + i)^n} \right)$$

Para estimar el precio de la inversión inicial en cada caso, se ha hecho uso de la herramienta *Generador de Precios* de CYPE, que cuenta con valores actualizados de diciembre de 2022. También se ha obtenido el coste de mantenimiento unitario de la misma herramienta. Los presupuestos y cálculos realizados para el estudio se encuentran detallados en los **anexos A** (presupuestos), **B** (sobrecostes iniciales) y **C** (costes de mantenimiento).

Una vez obtenidos los resultados, se representan los valores del CCV frente a la demanda del edificio, criterio que va a servir para la toma de decisiones en nuestro caso.

El resultado es una gráfica de dispersión, en la que cada punto representa un paquete constructivo. Para la toma de decisiones, se tendrán en cuenta los dos ejes de la gráfica. El eje x, que representa la demanda energética, desde un punto de vista medioambiental. El eje y, que representa el coste de ciclo de vida, desde un punto de vista financiero.

Los cálculos se encuentran detallados en el **anexo D** (coste de ciclo de vida a 30 años).

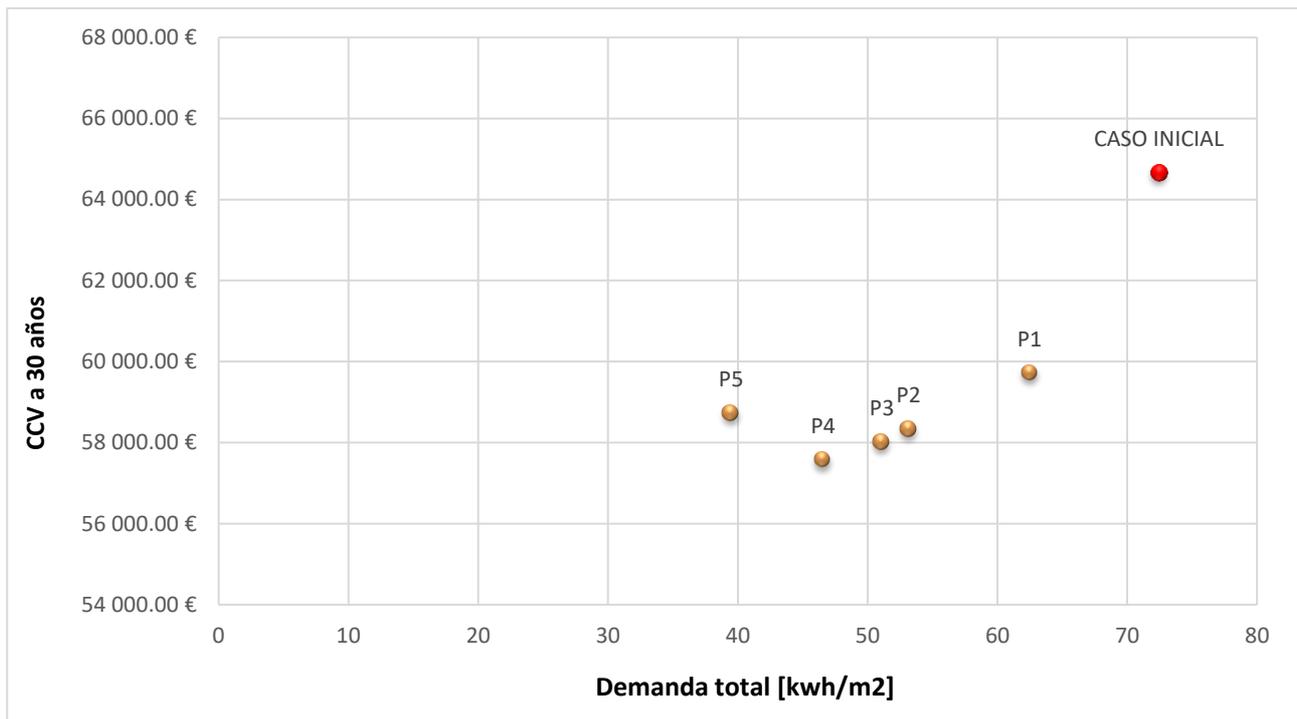


Figura 25.- CVV a 30 años.

Con los resultados obtenidos, se observa una clara tendencia en la dispersión. A pesar de tener que realizar una gran inversión inicial, a medida que aumenta la calidad de las medidas usadas, disminuye el coste de ciclo de vida. Esto se debe al ahorro que suponen a lo largo del tiempo en consumo energético.

El punto que representa el paquete constructivo 5, a pesar de ser el de menor demanda energética, tiene un CCV más elevado en comparación a los otros paquetes. Se puede concluir que las medidas utilizadas en este último paquete, medidas que buscan la alta eficiencia energética, continúan teniendo un precio excesivamente alto, ya que se tratan de materiales de muy alta calidad y requieren una tecnología más avanzada.

Por lo tanto, el punto óptimo es el que representa el paquete constructivo 4, que tiene el menor CCV y una de las menores demandas energéticas.

6. MODELO FINAL

El objetivo del estudio realizado es comprobar la influencia que tienen las medidas de mejora en un caso de posible aplicación. Los resultados reflejan que simplemente centrándonos en la calidad de la envolvente térmica, se puede obtener una relevante mejoría. En este caso, se ha conseguido pasar de una demanda total de 72,44 kWh/m² a un resultado de 46,55 kWh/m². Se ha logrado cumplir las exigencias del código técnico además de lograr un edificio eficiente.

El modelo óptimo se caracteriza por:

- Transmitancia térmica de los elementos constructivos (W/m²·K)

MURO EXTERIOR	0.36
CUBIERTA	0.3
FORJADO INTERIOR	0.45
TABICUERÍA	0.45
SOLERA	0.45
HUECOS ACRISTALADOS	2.1

- Permeabilidad clase 3
- Toldos en las ventanas con dirección más al sur
- Ventilación nocturna.

Y tras la simulación, los resultados son los siguientes:

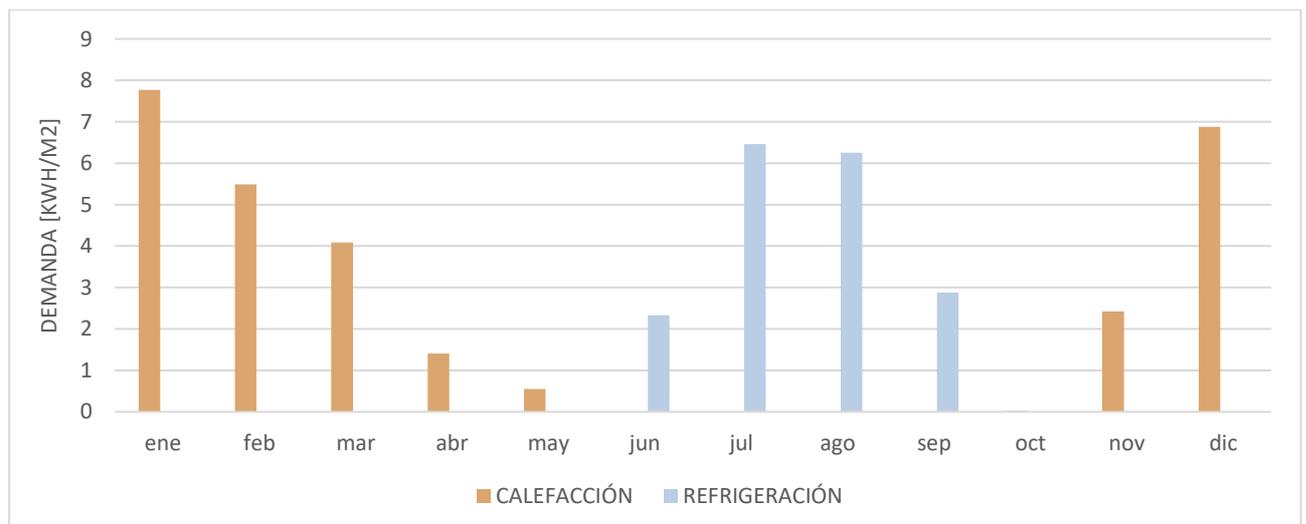


Figura 26.-Distribución de la demanda por meses modelo final.

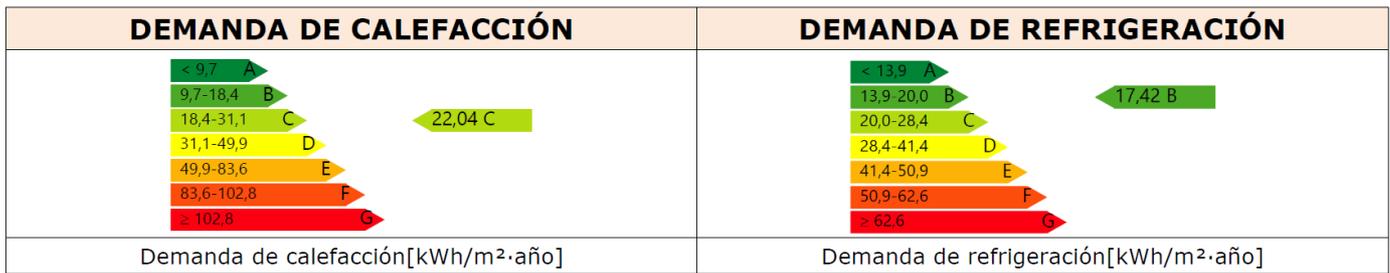


Figura 27.- Calificación de demanda del modelo final.

Otro aspecto destacable es el ahorro que esta rehabilitación podría conllevar. Es cierto que requieren una importante inversión inicial, pero a largo plazo supondría un ahorro de más de 7.000 €, con la posibilidad de ser aún más considerando los programas de ayudas económicas a la rehabilitación energética, que para el estudio no se han tenido en cuenta.

Sumado a lo anterior, el menor consumo de energía también contribuye positivamente al medio ambiente, ya que se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y se preservan recursos naturales, ayudando también a la escasez energética.

7. CONCLUSIONES

En conclusión, la optimización de la demanda energética de un edificio a través de mejoras en su envolvente presenta una estrategia efectiva y versátil para promover la eficiencia energética. A lo largo de este trabajo, se han explorado diferentes niveles de mejoras, desde medidas simples hasta intervenciones más avanzadas, destacando cómo cada nivel contribuye de manera significativa a la reducción del consumo de energía y, por tanto, a la atenuación de impactos ambientales.

Las mejoras en la envolvente, como el aumento del aislamiento, la instalación de ventanas eficientes y el uso de materiales con propiedades térmicas mejoradas, no solo ofrecen beneficios inmediatos en términos de reducción de pérdidas térmicas, sino que también tienen un impacto a largo plazo en la operación sostenible del edificio. Además, estas mejoras pueden adaptarse a diversas condiciones climáticas y diferentes arquitecturas, lo que las convierte en soluciones versátiles y aplicables a una variedad de edificaciones.

La consideración de factores económicos, como el retorno de inversión a lo largo del tiempo, es crucial al evaluar la viabilidad de estas mejoras. Aunque algunas intervenciones pueden requerir una inversión inicial más considerable, los beneficios a largo plazo, tanto en términos de ahorro de costes operativos como de cumplimiento de normativas energéticas, demuestran ser importantes.

En resumen, la implementación de mejoras en la envolvente de un edificio para optimizar la demanda energética es una estrategia integral que contribuye no solo a la eficiencia operativa del edificio, sino también a la consecución de metas más amplias de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. Es esencial que propietarios, diseñadores y gestores de edificios consideren estas mejoras como inversiones a largo plazo que no solo benefician a la infraestructura, sino también al entorno global en el que operamos.

REFERENCIAS

- [1] Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) (2022). *Informe sintético de indicadores de eficiencia energética en España. Año 2020*. Retrieved March 18, 2023, from <https://informesweb.idae.es/consumo-usos-residencial/informe.php>
- [2] International Energy Agency (IEA) (2022). *Energy Efficiency Indicators Data Explorer – Data Tools* (n.d.). Retrieved March 18, 2023, from <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-efficiency-indicators-data-explorer>
- [3] International Energy Agency (IEA) (2022). *Crisis Energética Mundial – Topics*. Retrieved March 18, 2023, from <https://www.iea.org/topics/global-energy-crisis?language=es#what-is-being-done>
- [4] *Electricidad: precio medio final España 2010-2022* | Statista. (n.d.). Retrieved March 18, 2023, from <https://es.statista.com/estadisticas/993787/precio-medio-final-de-la-electricidad-en-espana/>
- [5] *Normativa y legislación sobre eficiencia energética en España*. (n.d.). Retrieved March 19, 2023, from <https://www.efenergia.com/legislacion-eficiencia-energetica/espana/>
- [6] del Estado, J. (2022). *Disposición 12925 del BOE núm. 184 de 2022*. <https://www.boe.es>
- [7] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020). PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA. https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf
- [8] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana (2020). Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España (ERESEE). https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/paginabasica/recursos/es_ltrs_2020.pdf
- [9] Asociación Técnica Española de la Climatización y la Refrigeración (Atecyr) (2019). Informe sobre prospectiva y evolución futura de los sistemas de climatización y ACS en la edificación residencial. https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/planes_estartegicos/4_2020_sistemas_climatizacion_y_acs_residencial.pdf

[10] Shnapp, S., Sitjà, R., y Laustsen, J. (2012). *What is a deep renovation definition?* Retrieved: 11/04/2023 from

https://www.gbpn.org/wp-content/uploads/2021/06/08.DR_TechRep.low_.pdf

[11] D'Agostino, D., Zangheri, P., & Castellazzi, L. (2017). *Towards nearly zero energy buildings in europe: A focus on retrofit in non-residential buildings*. *Energies*, 10(1)

[12] Sibileau, H el ene (Buildings Performance Institute Europe) (2021). *Deep renovation: shifting from exception to standard practice in eu policy*.

https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2021/11/BPIE_Deep-Renovation-Briefing_Final.pdf

[13] *El clima en Sevilla, el tiempo por mes, temperatura promedio (España) - Weather Spark*. (n.d.). Retrieved April 23, 2023, from <https://es.weatherspark.com/y/34152/Clima-promedio-en-Sevilla-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

[14] García-Erviti, F., Armengot-Paradinas, J., Ramírez-Pacheco, G. (2015). *El análisis del coste del ciclo de vida como herramienta para la evaluación económica de la edificación sostenible. Estado de la cuestión*. *Informes de la Construcción*, 67(537): e056, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.119>.

ANEXOS

Anexo A. Presupuestos

PRESUPUESTO PAQUETE 1.

NAU050 m² Aislamiento térmico de cubierta plana, no ventilada, con

Aislamiento térmico de cubierta plana transitable, no ventilada, tipo invertida, pendiente del 1% al 5%, para tráfico peatonal privado, con impermeabilización líquida; formado por panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 40 mm de espesor, resistencia a compresión ≥ 300 kPa.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16pxa010 aaq	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 40 mm de espesor, resistencia a compresión ≥ 300 kPa, resistencia térmica 1,2 m ² K/W, conductividad térmica 0,033 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)300-DS(70,90)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)125-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD1.	1.050	7.85	8.24
Subtotal materiales:					8.24
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1º montador de aislamientos.	0.050	22.85	1.14
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.050	21.56	1.08
Subtotal mano de obra:					2.22
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	10.46	0.21
Coste de mantenimiento decenal: 0,21€ en los primeros 10 años.					
Costes directos (1+2+3):					10.67

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad (a)	Obligatoriedad (b)	Sistema (c)
UNE-EN 13164:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno extruido (XPS). Especificación.	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor mercado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAP120 m² Aislamiento térmico entre los montantes del muro estructural interior de entramado ligero.

Aislamiento térmico entre los montantes del muro estructural interior de entramado ligero de madera, con panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 60 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,85 m²K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK).

Código	Unidad	Descripción	Importe
1		Materiales	
mt16lra080	m ²	Panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 60 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,85 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación MW-EN 13162-T4-WS-WL(P)-AFr5.	6.45
pa		Subtotal materiales:	6.45
2		Mano de obra	
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	2.76
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	2.61
		Subtotal mano de obra:	5.37
3		Costes directos complementarios	
	%	Costes directos complementarios	0.24
Coste de mantenimiento decenal: 1,09€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3): 12.06

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13162:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAK010 m² Aislamiento térmico horizontal de soleras en contacto con el terreno, con

Aislamiento térmico horizontal de soleras en contacto con el terreno, formado por panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 40 mm de espesor, resistencia a compresión ≥ 300 kPa, resistencia térmica 1,2 m²K/W, conductividad térmica 0,033 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)300-DS(70,90)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)125-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD1.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16pxa01	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 40 mm de espesor, resistencia a compresión ≥ 300 kPa, resistencia térmica 1,2 m ² K/W, conductividad térmica 0,033 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)300-DS(70,90)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)125-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD1.	1.100	7.85	8.64
0aaq					
mt16png010	m ²	Film de polietileno de 0,2 mm de espesor y 184 g/m ² de masa superficial.	1.100	0.41	0.45
mt16aaa030	m	Cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	0.400	0.30	0.12
		Subtotal materiales:			9.21
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0.151	22.85	3.45
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.151	21.56	3.26
		Subtotal mano de obra:			6.71
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	15.92	0.32
			Costes directos (1+2+3):		16.24

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad (a)	Obligatoriedad (b)	Sistema (c)
UNE-EN 13164:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

LVC010 m² Doble acristalamiento estándar.

Doble acristalamiento estándar, 4/10/4, conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 4 mm, cámara de gas deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 10 mm, rellena de gas argón y vidrio interior Float incoloro de 4 mm de espesor, 18 mm de espesor total, fijado sobre carpintería con acañado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, sellado en frío con silicona sintética incolora, compatible con el material soporte.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt21veg0 11abmaa	m ²	Doble acristalamiento estándar, 4/10/4, conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 4 mm, cámara de gas deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 10 mm, rellena de gas argón y vidrio interior Float incoloro de 4 mm de espesor, 18 mm de espesor total, fijado sobre carpintería con acañado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, sellado en frío con silicona sintética incolora, compatible con el material soporte.	1.006	29.04	29.21
mt21vva 015a	Ud	Cartucho de 310 ml de silicona neutra, incolora, dureza Shore A aproximada de 23, según UNE-EN ISO 868 y recuperación elástica >=80%, según UNE-EN ISO 7389.	0.580	5.77	3.35
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1.000	1.26	1.26
Subtotal materiales:					33.82
2 Mano de obra					
mo055	h	Oficial 1ª cristalero.	0.342	23.71	8.11
mo110	h	Ayudante cristalero.	0.342	22.95	7.85
Subtotal mano de obra:					15.96
3 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2.000	49.78	1.00
Coste de mantenimiento decenal: 10,66€ en los primeros 10 años.			Costes directos		50.78

PRESUPUESTO PAQUETE 2.

NAS0 m² Aislamiento térmico por el exterior en fachada para sistemas ETICS.

Aislamiento térmico por el exterior en fachada para sistemas ETICS, formado por panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 40 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,05 m²K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK), colocado a tope y fijado con mortero adhesivo y fijaciones mecánicas. El precio no incluye la capa de regularización ni la capa de acabado.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe	
1						
Materiales						
mt16aaa010	kg	Mortero adhesivo para fijación de materiales aislantes.	4.000	0.19	0.76	
mt16pep010 ab	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 40 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,05 m ² K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego.	1.050	5.98	6.28	
mt16aaa021 a	Ud	Taco de expansión y clavo de polipropileno, con aro de estanqueidad, para fijación mecánica de paneles aislantes.	6.000	0.08	0.48	
Subtotal materiales:					7.52	
2						
Mano de obra						
mo054	h	Oficial 1 ^º montador de aislamientos.	0.101	22.85	2.31	
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.101	21.56	2.18	
Subtotal mano de obra:					4.49	
3						
Costes directos complementarios						
	%	Costes directos complementarios	2.000	12.01	0.24	
Coste de mantenimiento decenal: 0,25€ en los primeros 10 años.					Costes directos (1+2+3):	12.25

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13163:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación.	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAD0 m² Aislamiento térmico bajo forjado, con lanas minerales.
10

Aislamiento térmico bajo forjado, con panel semirrígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor, resistencia térmica 1,1 m²K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK). Colocación en obra: a tope, con fijaciones mecánicas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe	
1						
Materiales						
mt16lra020b bu	m ²	Panel semirrígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor, resistencia térmica 1,1 m ² K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1.	1.050	6.60	6.93	
mt16aaa021 a	Ud	Taco de expansión y clavo de polipropileno, con aro de estanqueidad, para fijación mecánica de paneles aislantes.	3.000	0.08	0.24	
Subtotal materiales:					7.17	
2						
Mano de obra						
mo054	h	Oficial 1 ^º montador de aislamientos.	0.121	22.85	2.76	
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.121	21.56	2.61	
Subtotal mano de obra:					5.37	
3						
Costes directos complementarios						
	%	Costes directos complementarios	2.000	12.54	0.25	
Coste de mantenimiento decenal: 0,26€ en los primeros 10 años.					Costes directos (1+2+3):	12.79

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13162:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAK0 m² Aislamiento térmico horizontal de soleras en contacto con el terreno, con poliestireno extruido.
10

Aislamiento térmico horizontal de soleras en contacto con el terreno, formado por panel rígido de poliestireno

Código	UD	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16pxa010 acq	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión >= 300 kPa, resistencia térmica 1,8 m ² K/W, conductividad térmica 0,033 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)300-DS(70,90)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)125-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD1.	1.100	11.77	10.95
mt16png010	m ²	Film de polietileno de 0,2 mm de espesor y 184 g/m ² de masa superficial.	1.100	0.41	0.45
mt16aaa030	m	Cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	0.400	0.30	0.12
			Subtotal materiales:		11.52
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1 ^a montador de aislamientos.	0.151	22.85	3.45
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.151	21.56	3.26
			Subtotal mano de		6.71
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	18.23	0.36
			Costes directos		18.59
					(1+2+3):

Referencia norma UNE y Título de la norma	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN Productos aislantes	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAU0 m² Aislamiento térmico de cubierta plana, no ventilada, con impermeabilización líquida.
50

Aislamiento térmico de cubierta plana transitable, no ventilada, tipo invertida, pendiente del 1% al 5%, para

Código	UD	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16pxa010 abq	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 50 mm de espesor, resistencia a compresión >= 300 kPa, resistencia térmica 1,5 m ² K/W, conductividad térmica 0,033 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)300-DS(70,90)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)125-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD1.	1.050	9.81	10.30
			Subtotal materiales:		10.30

2	Mano de obra				
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0.050	22.85	1.14
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.050	21.56	1.08
			Subtotal mano de		2.22
3	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	2.000	12.52	0.25

Coste de mantenimiento decenal: 0,26€ en los primeros 10 años.	Costes directos (1+2+3):	12.77
--	---------------------------------	--------------

Referencia norma UNE y Título de la norma	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN Productos aislantes	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAP1 m² Aislamiento térmico entre los montantes del muro estructural interior de entramado ligero.
20

Aislamiento térmico entre los montantes del muro estructural interior de entramado ligero de madera, con panel de lana mineral semirrígido,

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Materiales				
mt16lra080pa	m ²	Panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 60 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,85 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación MW-EN 13162-T4-WS-WL(P)-AFr5.	1.050	7.48	6.27
			Subtotal materiales:		6.27
2	Mano de obra				
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0.121	22.85	2.76
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.121	21.56	2.61
			Subtotal mano de obra:		5.37
3	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	2.000	11.64	0.23
Coste de mantenimiento decenal: 1,09€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		11.87

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13162:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

LVC0 m² Doble acristalamiento de baja emisividad térmica.
11

Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica, 4/8/6 color azul, conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 8 mm, y vidrio interior templado, de color azul de 6 mm de espesor, 18 mm de espesor total, fijado sobre carpintería con acuñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, sellado en frío con silicona sintética incolora, compatible con el material soporte.

Código	Unidad	Descripción	Rendimi	Precio	Importe
1		Materiales			
mt21veg011xajca	m ²	Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica,	1.006	109.27	98.93
mt21vva015a	Ud	Cartucho de 310 ml de silicona neutra, incolora, dureza	0.580	5.77	3.35
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1.000	1.26	1.26
			Subtotal		103.54
2		Mano de obra			
mo055	h	Oficial 1ª cristalero.	0.342	23.71	8.11
mo110	h	Ayudante cristalero.	0.342	22.95	7.85
			Subtotal mano de		15.96
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	119.50	2.39
Coste de mantenimiento decenal: 27,95€ en los primeros 10 años.			Costes directos		121.89

PRESUPUESTO PAQUETE 3.

NAS0 m² Aislamiento térmico por el exterior en fachada para sistemas ETICS.

Aislamiento térmico por el exterior en fachada para sistemas ETICS, formado por panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 40 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,05 m²K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK), colocado a tope y fijado con mortero adhesivo y fijaciones mecánicas. El precio no incluye la capa de regularización ni la capa de acabado.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16aaa010	kg	Mortero adhesivo para fijación de materiales aislantes.	4.000	0.19	0.76
mt16pep010 ab	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 40 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,05 m ² K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego.	1.050	5.98	6.28
mt16aaa021 a	Ud	Taco de expansión y clavo de polipropileno, con aro de estanqueidad, para fijación mecánica de paneles aislantes.	6.000	0.08	0.48
			Subtotal materiales:		7.52
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0.101	22.85	2.31
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.101	21.56	2.18
			Subtotal mano de obra:		4.49
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	12.01	0.24
Coste de mantenimiento decenal: 0,25€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		12.25

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13163:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación.	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NADO m² **Aislamiento térmico bajo forjado, con lanas minerales.**
10

Aislamiento térmico bajo forjado, con panel semirrígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor, resistencia térmica 1,1 m²K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK). Colocación en obra: a tope, con fijaciones mecánicas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16lra020b bu	m ²	Panel semirrígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor, resistencia térmica 1,1 m ² K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1.	1.050	6.60	6.93
mt16aaa021 a	Ud	Taco de expansión y clavo de polipropileno, con aro de estanqueidad, para fijación mecánica de paneles aislantes.	3.000	0.08	0.24
Subtotal materiales:					7.17
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1 ^a montador de aislamientos.	0.121	22.85	2.76
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.121	21.56	2.61
Subtotal mano de obra:					5.37
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	12.54	0.25
Coste de mantenimiento decenal: 0,26€ en los primeros 10 años.					12.79
Costes directos (1+2+3):					

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13162:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos	1072020	1072020	1/3/4

- (a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia
(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE
(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAK0 m² **Aislamiento térmico horizontal de soleras en contacto con el terreno, con poliestireno extruido.**
10

Aislamiento térmico horizontal de soleras en contacto con el terreno, formado por panel rígido de poliestireno

Código	UD	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16pxa010 acq	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión >= 300 kPa, resistencia térmica 1,8 m ² K/W, conductividad térmica 0,033 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)300-DS(70,90)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)125-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD1.	1.100	11.77	10.95
mt16png010	m ²	Film de polietileno de 0,2 mm de espesor y 184 g/m ² de masa superficial.	1.100	0.41	0.45
mt16aaa030	m	Cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	0.400	0.30	0.12
Subtotal materiales:					11.52
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1 ^a montador de aislamientos.	0.151	22.85	3.45
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.151	21.56	3.26
Subtotal mano de obra:					6.71
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	18.23	0.36
Costes directos (1+2+3):					18.59

Referencia norma UNE y Título de la norma	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN Productos aislantes	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAU0 m² Aislamiento térmico de cubierta plana, no ventilada, con impermeabilización líquida.
50

Aislamiento térmico de cubierta plana transitable, no ventilada, tipo invertida, pendiente del 1% al 5%, para

Código	UD	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16pxa010 abq	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 50 mm de espesor, resistencia a compresión >= 300 kPa, resistencia térmica 1,5 m ² K/W, conductividad térmica 0,033 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)300-DS(70,90)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)125-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD1.	1.050	9.81	10.30
Subtotal materiales:					10.30
Coste de mantenimiento decenal: 0,26€ en los primeros 10 años.				Costes directos (1+2+3):	12.77

Referencia norma UNE y Título de la norma	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN Productos aislantes	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAP1 m² Aislamiento térmico entre los montantes del muro estructural interior de entramado ligero.
20

Aislamiento térmico entre los montantes del muro estructural interior de entramado ligero de madera, con panel de lana mineral semirrígido,

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16lra080p a	m ²	Panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 60 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,85 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación MW-EN 13162-T4-WS-WL(P)-AFr5.	1.050	7.48	6.27
Subtotal materiales:					6.27
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1º montador de aislamientos.	0.121	22.85	2.76
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.121	21.56	2.61
Subtotal mano de obra:					5.37
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	11.64	0.23
Coste de mantenimiento decenal: 1,09€ en los primeros 10 años.				Costes directos (1+2+3):	11.87

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13162:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor mercado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

LVC0 m² Doble acristalamiento de baja emisividad térmica.

11

Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica, 4/8/6 color azul, conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 8 mm, y vidrio interior templado, de color azul de 6 mm de espesor, 18 mm de espesor total, fijado sobre carpintería con acuíado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, sellado en frío con silicona sintética incolora, compatible con el material soporte.

Código	Unidad	Descripción	Rendimi	Precio	Importe
1		Materiales			
mt21veg011xajca	m ²	Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica,	1.006	109.27	98.93
mt21vva015a	Ud	Cartucho de 310 ml de silicona neutra, incolora, dureza	0.580	5.77	3.35
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1.000	1.26	1.26
		Subtotal			103.54
2		Mano de obra			
mo055	h	Oficial 1ª cristalero.	0.342	23.71	8.11
mo110	h	Ayudante cristalero.	0.342	22.95	7.85
		Subtotal mano de			15.96
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	119.50	2.39
Coste de mantenimiento decenal: 27,95€ en los primeros 10 años.			Costes directos		121.89

LST0 Ud Toldo de lona acrílica.

10

Toldo estor, de 2000 mm de línea y 1900 mm de salida, de lona acrílica, con accionamiento manual mediante manivela metálica. Incluso herrajes y accesorios.

Código	Unidad	Descripción	Rendimi	Precio	Importe
			ento	unitari	o
1		Materiales			
mt44tol010a	Ud	Toldo estor, de 2000 mm de línea y 1900 mm de salida, de lona acrílica, con herrajes y accesorios de fijación.	1.000	283.42	283.42
mt44tol100a	Ud	Manivela para accionamiento manual de toldos.	1.000	20.00	20.00
		Subtotal			303.42
2		Mano de obra			
mo011	h	Oficial 1ª montador.	1.006	22.85	22.99
mo080	h	Ayudante montador.	1.006	21.56	21.69
		Subtotal mano de			44.68
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	348.10	6.96
Coste de mantenimiento decenal: 301,80€ en los primeros 10 años.			Costes directos		355.06

PRESUPUESTO PAQUETE 4.

NAS0 m² Aislamiento térmico por el exterior en fachada para sistemas ETICS.

Aislamiento térmico por el exterior en fachada para sistemas ETICS, formado por panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 40 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,05 m²K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK), colocado a tope y fijado con mortero adhesivo y fijaciones mecánicas. El precio no incluye la capa de regularización ni la capa de acabado.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16aaa010	kg	Mortero adhesivo para fijación de materiales aislantes.	4.000	0.19	0.76
mt16pep010	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 40 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,05 m ² K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego.	1.050	5.98	6.28
mt16aaa021	Ud	Taco de expansión y clavo de polipropileno, con aro de estanqueidad, para fijación mecánica de paneles aislantes.	6.000	0.08	0.48
a					
Subtotal materiales:					7.52
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0.101	22.85	2.31
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.101	21.56	2.18
Subtotal mano de obra:					4.49
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	12.01	0.24
Coste de mantenimiento decenal: 0,25€ en los primeros 10 años.					
Costes directos (1+2+3):					12.25

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13163:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación.	1072020	1072020	1/3/4

- (a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia
- (b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE
- (c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAD0 m² Aislamiento térmico bajo forjado, con lanas minerales.
10

Aislamiento térmico bajo forjado, con panel semirrígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor, resistencia térmica 1,1 m²K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK). Colocación en obra: a tope, con fijaciones mecánicas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16lra020b	m ²	Panel semirrígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor, resistencia térmica 1,1 m ² K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1.	1.050	6.60	6.93
bu					
mt16aaa021	Ud	Taco de expansión y clavo de polipropileno, con aro de estanqueidad, para fijación mecánica de paneles aislantes.	3.000	0.08	0.24
a					
Subtotal materiales:					7.17
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0.121	22.85	2.76
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.121	21.56	2.61
Subtotal mano de obra:					5.37
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	12.54	0.25
Coste de mantenimiento decenal: 0,26€ en los primeros 10 años.					
Costes directos (1+2+3):					12.79

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13162:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAK0 m² Aislamiento térmico horizontal de soleras en contacto con el terreno, con poliestireno extruido.
10

Aislamiento térmico horizontal de soleras en contacto con el terreno, formado por panel rígido de poliestireno

Código	UD	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16pxa010 acq	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión >= 300 kPa, resistencia térmica 1,8 m ² K/W, conductividad térmica 0,033 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)300-DS(70,90)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)125-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD1.	1.100	11.77	10.95
mt16png010	m ²	Film de polietileno de 0,2 mm de espesor y 184 g/m ² de masa superficial.	1.100	0.41	0.45
mt16aaa030	m	Cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	0.400	0.30	0.12
			Subtotal materiales:		11.52
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1 ^a montador de aislamientos.	0.151	22.85	3.45
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.151	21.56	3.26
			Subtotal mano de		6.71
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	18.23	0.36
			Costes directos (1+2+3):		18.59

Referencia norma UNE y Título de la norma	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN Productos aislantes	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAU0 m² Aislamiento térmico de cubierta plana, no ventilada, con impermeabilización líquida.
50

Aislamiento térmico de cubierta plana transitable, no ventilada, tipo invertida, pendiente del 1% al 5%, para

Código	UD	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16pxa010 abq	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 50 mm de espesor, resistencia a compresión >= 300 kPa, resistencia térmica 1,5 m ² K/W, conductividad térmica 0,033 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)300-DS(70,90)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)125-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD1.	1.050	9.81	10.30
			Subtotal materiales:		10.30

Coste de mantenimiento decenal: 0,26€ en los primeros 10 años.	Costes directos (1+2+3):	12.77
--	------------------------------------	-------

Referencia norma UNE y Título de la norma	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN Productos aislantes	1072020	1072020	1/3/4

- (a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia
 (b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE
 (c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAP1 m² Aislamiento térmico entre los montantes del muro estructural interior de entramado ligero.
20

Aislamiento térmico entre los montantes del muro estructural interior de entramado ligero de madera, con panel de lana mineral semirrígido,

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16lra080pa	m ²	Panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 60 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,85 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación MW-EN 13162-T4-WS-WL(P)-AFr5.	1.050	7.48	6.27
Subtotal materiales:					6.27
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1º montador de aislamientos.	0.121	22.85	2.76
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.121	21.56	2.61
Subtotal mano de obra:					5.37
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	11.64	0.23
Coste de mantenimiento decenal: 1,09€ en los primeros 10 años.					11.87
Costes directos (1+2+3):					

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13162:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos	1072020	1072020	1/3/4

- (a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia
 (b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE
 (c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

LVC0 m² Doble acristalamiento de baja emisividad térmica.
11

Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica, 4/8/6 color azul, conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 8 mm, y vidrio interior templado, de color azul de 6 mm de espesor; 18 mm de espesor total, fijado sobre carpintería con acufiado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, sellado en frío con silicona sintética incolora, compatible con el material soporte.

Código	Unidad	Descripción	Rendimi	Precio	Importe
1 Materiales					
mt21veg011xajca	m ²	Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica,	1.006	109.27	98.93
mt21vva015a	Ud	Cartucho de 310 ml de silicona neutra, incolora, dureza	0.580	5.77	3.35
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1.000	1.26	1.26
Subtotal					103.54
2 Mano de obra					
mo055	h	Oficial 1ª cristalero.	0.342	23.71	8.11
mo110	h	Ayudante cristalero.	0.342	22.95	7.85
Subtotal mano de					15.96
3 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2.000	119.50	2.39
Coste de mantenimiento decenal: 27,95€ en los primeros 10 años.			Costes directos		121.89

LST0 Ud Toldo de lona acrílica.
10

Toldo estor, de 2000 mm de línea y 1900 mm de salida, de lona acrílica, con accionamiento manual mediante manivela metálica. Incluso herrajes y accesorios.

Código	Unidad	Descripción	Rendimi	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt44tol010a	Ud	Toldo estor, de 2000 mm de línea y 1900 mm de salida, de lona acrílica, con herrajes y accesorios de fijación.	1.000	283.42	283.42
mt44tol100a	Ud	Manivela para accionamiento manual de toldos.	1.000	20.00	20.00
Subtotal					303.42
2 Mano de obra					
mo011	h	Oficial 1ª montador.	1.006	22.85	22.99
mo080	h	Ayudante montador.	1.006	21.56	21.69
Subtotal mano de					44.68
3 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2.000	348.10	6.96
Coste de mantenimiento decenal: 301,80€ en los primeros 10 años.			Costes directos		355.06

IVG010 Ud Ventilador de impulsión de aire exterior.

Ventilador helicoidal mural con hélice de plástico reforzada con fibra de vidrio, motor para alimentación monofásica a 230 V y 50 Hz de frecuencia, con protección térmica, aislamiento clase F, grado de protección IP65 y caja de bornes ignífuga con condensador, de 2500 r.p.m., potencia absorbida 0,25 kW, caudal máximo 2160 m³/h, nivel de presión sonora 65 dBA. Incluso elementos antivibratorios, elementos de fijación y accesorios.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt42vsp205a	Ud	Ventilador helicoidal mural con hélice de plástico reforzada con fibra de vidrio, motor para alimentación monofásica a 230 V y 50 Hz de frecuencia, con protección térmica, aislamiento clase F, grado de protección IP65 y caja de bornes ignífuga con condensador, de 2500 r.p.m., potencia absorbida 0,25 kW, caudal máximo 2160 m ³ /h, nivel de presión sonora 65	1.000	516.19	516.19
mt42vsp900a	Ud	Accesorios y elementos de fijación de ventilador helicoidal mural.	1.000	38.75	38.75
Subtotal materiales:					554.94
2 Mano de obra					
mo011	h	Oficial 1ª montador.	4.000	22.00	88.00
mo080	h	Ayudante montador.	4.000	20.34	81.36
Subtotal mano de obra:					169.36
3 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2.000	724.30	14.49
Coste de mantenimiento decenal: 701,85€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		738.79

PRESUPUESTO PAQUETE 5.

NAS0 m² Aislamiento térmico por el exterior en fachada para sistemas ETICS.

Aislamiento térmico por el exterior en fachada para sistemas ETICS, formado por panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 120 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 3,16 m²K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK), colocado a tope y fijado con mortero adhesivo y fijaciones mecánicas. El precio no incluye la capa de regularización ni la capa de acabado.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16aaa	kg	Mortero adhesivo para fijación de materiales aislantes.	4.000	0.19	0.76
mt16pep 010ai	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 120 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 3,16 m ² K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego.	1.050	17.93	18.83
mt16aaa 021a	Ud	Taco de expansión y clavo de polipropileno, con aro de estanqueidad, para fijación mecánica de paneles aislantes.	6.000	0.08	0.48
Subtotal materiales:					20.07
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1 ^º montador de aislamientos.	0.101	22.85	2.31
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.101	21.56	2.18
Subtotal mano de obra:					4.49
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	24.56	0.49
Coste de mantenimiento decenal: 0,50€ en los primeros 10 años.					Costes directos (1+2+3): 25.05

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13163:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación.	1072020	1072020	1/3/4

- (a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia
- (b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE
- (c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAP1 m² Aislamiento térmico entre los montantes del muro estructural interior de entramado ligero.
20

Aislamiento térmico entre los montantes del muro estructural interior de entramado ligero de madera, con panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 100 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 3,1 m²K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK).

NAP1 m² Aislamiento térmico entre los montantes del muro estructural interior de entramado ligero.
20

Aislamiento térmico entre los montantes del muro estructural interior de entramado ligero de madera, con panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 100 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 3,1 m²K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK).

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16ira0 80sa	m ²	Panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 100 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 3,1 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación MW-EN 13162-T4-WS-WL(P)-AFr5.	1.050	12.32	12.94
Subtotal materiales:					12.94
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1 ^a montador de aislamientos.	0.121	22.85	2.76
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.121	21.56	2.61
Subtotal mano de obra:					5.37
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	18.31	0.37
Coste de mantenimiento decenal: 1,51€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		18.68

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13162:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor mercado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAK m Aislamiento térmico horizontal de soleras en contacto con el terreno, con poliestireno
010 ² extruido.

Aislamiento térmico horizontal de soleras en contacto con el terreno, formado por panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 100 mm de espesor, resistencia a compresión >= 300 kPa, resistencia térmica 2,85 m²K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), colocado a tope en la base de la solera, simplemente apoyado, cubierto con film de polietileno de 0,2 mm de espesor, preparado para recibir una solera de hormigón. Incluso cinta autoadhesiva para sellado de juntas.

Código	UD	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16pxa 010agq	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 100 mm de espesor, resistencia a compresión >= 300 kPa, resistencia térmica 2,85 m ² K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)300-DS(70,90)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)125-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD1.	1.100	20.76	22.84
mt16png	m ²	Film de polietileno de 0,2 mm de espesor y 184 g/m ² de masa superficial.	1.100	0.41	0.45
mt16aaa	m	Cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	0.400	0.30	0.12
Subtotal materiales:					23.41

2	Mano de obra				
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0.151	22.85	3.45
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.151	21.56	3.26
			Subtotal mano de		6.71
3	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	2.000	30.12	0.60
			Costes directos		30.72

Referencia norma UNE y Título de la	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN Productos aislantes	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor mercado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAD m² Aislamiento térmico bajo forjado, con lanas minerales.
010

Aislamiento térmico bajo forjado, con panel semirrígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 60 mm de espesor, resistencia térmica 1,7 m²K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK). Colocación en obra: a tope, con fijaciones mecánicas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Materiales				
mt16lra0 20bdu	m ²	Panel semirrígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 60 mm de espesor, resistencia térmica 1,7 m ² K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1.	1.050	10.34	10.86
mt16aaa 021a	Ud	Taco de expansión y clavo de polipropileno, con aro de estanqueidad, para fijación mecánica de paneles aislantes.	3.000	0.08	0.24
			Subtotal materiales:		11.10
2	Mano de obra				
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0.121	22.85	2.76
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.121	21.56	2.61
			Subtotal mano de obra:		5.37
3	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	2.000	16.47	0.33
Coste de mantenimiento decenal: 0,34€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		16.80

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 13162:2013/A1:2015 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor mercado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

NAU m Aislamiento térmico de cubierta plana, no ventilada, con impermeabilización líquida.
050 ²

Aislamiento térmico de cubierta plana transitable, no ventilada, tipo invertida, pendiente del 1% al 5%, para tráfico peatonal privado, con impermeabilización líquida; compuesto por dos capas, la primera formada por panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 70 mm de espesor, resistencia a compresión ≥ 300 kPa y la segunda por panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 70 mm de espesor, resistencia a compresión ≥ 300 kPa.

Código	UD	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt16pxa 010adq	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 70 mm de espesor, resistencia a compresión ≥ 300 kPa, resistencia térmica 2 m ² K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)300-DS(70,90)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)125-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD1.	2.100	13.74	28.85
Subtotal materiales:					28.85
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1º montador de aislamientos.	0.053	22.85	1.21
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.053	21.56	1.14
Subtotal mano de					2.35
3		Costes directos complementarios			
%		Costes directos complementarios	2.000	31.20	0.62
Coste de mantenimiento decenal: 0,64€ en los primeros 10 años.			Costes directos		31.82

Referencia norma UNE y Título de la	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN Productos aislantes	1072020	1072020	1/3/4

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia

(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE

(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

LST0 Ud Toldo de lona acrílica.

10

Toldo estor, de 2000 mm de línea y 1900 mm de salida, de lona acrílica, con accionamiento manual mediante manivela metálica. Incluso herrajes y accesorios.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt44tol0 10a	Ud	Toldo estor, de 2000 mm de línea y 1900 mm de salida, de lona acrílica, con herrajes y accesorios de fijación.	1.000	283.42	283.42
mt44tol1	Ud	Manivela para accionamiento manual de toldos.	1.000	20.00	20.00
Subtotal					303.42
2		Mano de obra			
mo011	h	Oficial 1º montador.	1.006	22.85	22.99
mo080	h	Ayudante montador.	1.006	21.56	21.69
Subtotal mano de					44.68
3		Costes directos complementarios			
%		Costes directos complementarios	2.000	348.10	6.96
Coste de mantenimiento decenal: 301,80€ en los primeros 10 años.			Costes directos		355.06

LVC0 m Doble acristalamiento de baja emisividad térmica.

11 ²

Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica, 8/10/6 color azul, conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica de 8 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 10 mm, y vidrio interior templado, de color azul de 6 mm de espesor; 24 mm de espesor total, fijado sobre carpintería con acuñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, sellado en frío con silicona sintética incolora, compatible con el material soporte.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt21veg011xg pca	m ²	Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica, 8/10/6 color azul, conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica de 8 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 10 mm, y vidrio interior templado, de color azul de 6 mm de espesor; 24 mm de espesor total.	1.006	137.88	138.71
mt21vva015a	Ud	Cartucho de 310 ml de silicona neutra, incolora, dureza Shore A aproximada de 23, según UNE-EN ISO 868 y recuperación elástica >=80%, según UNE-EN ISO 7389.	0.580	5.77	3.35
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1.000	1.26	1.26
			Subtotal		143.32
2		Mano de obra			
mo055	h	Oficial 1ª cristalero.	0.342	23.71	8.11
mo110	h	Ayudante cristalero.	0.342	22.95	7.85
			Subtotal mano de		15.96
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	159.28	3.19
Coste de mantenimiento decenal: 34,12€ en los primeros 10 años.			Costes directos		162.47

LSL0 m² Lámina de control solar, sobre acristalamiento de fachada.

10

Lámina adhesiva de control solar, transparente, color gris verdoso claro, a base de resinas termoplásticas y microesferas cerámicas, de 50 µm de espesor, transmisión luminosa, según UNE-EN 410: 75%, factor solar (coeficiente g), según UNE-EN 410: 59%, aplicada en la cara interior del acristalamiento de fachada. Incluso solución jabonosa, para la limpieza de la superficie del vidrio y la colocación de láminas adhesivas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt21lmc 030a	l	Líquido limpiador a base de solución jabonosa al 6% en agua, para aplicar con pulverizador, para la limpieza de la superficie del vidrio y la colocación de láminas adhesivas.	0.150	0.23	0.03
mt21lmc 010aa	m ²	Lámina adhesiva de control solar, transparente, color gris verdoso claro, a base de resinas termoplásticas y microesferas cerámicas, de 50 µm de espesor, transmisión luminosa, según UNE-EN 410: 75%, factor solar (coeficiente g), según UNE-EN 410: 59%, para su aplicación en la cara interior del acristalamiento.	1.050	24.81	26.05
			Subtotal		26.08
2		Mano de obra			
mo055	h	Oficial 1ª cristalero.	0.101	23.71	2.39
mo110	h	Ayudante cristalero.	0.101	22.95	2.32
			Subtotal mano de		4.71
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	30.79	0.62
			Costes directos		31.41

IVG010 Ud Ventilador de impulsión de aire exterior.

Ventilador helicoidal mural con hélice de plástico reforzada con fibra de vidrio, motor para alimentación monofásica a 230 V y 50 Hz de frecuencia, con protección térmica, aislamiento clase F, grado de protección IP65 y caja de bornes ignífuga con condensador, de 2500 r.p.m., potencia absorbida 0,25 kW, caudal máximo 2160 m³/h, nivel de presión sonora 65 dBA. Incluso elementos antivibratorios, elementos de fijación y accesorios.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt42vsp205a	Ud	Ventilador helicoidal mural con hélice de plástico reforzada con fibra de vidrio, motor para alimentación monofásica a 230 V y 50 Hz de frecuencia, con protección térmica, aislamiento clase F, grado de protección IP65 y caja de bornes ignífuga con condensador, de 2500 r.p.m., potencia absorbida 0,25 kW, caudal máximo 2160 m³/h, nivel de presión sonora 65	1.000	516.19	516.19
mt42vsp900a	Ud	Accesorios y elementos de fijación de ventilador helicoidal mural.	1.000	38.75	38.75
				Subtotal materiales:	554.94
2		Mano de obra			
mo011	h	Oficial 1º montador.	4.000	22.00	88.00
mo080	h	Ayudante montador.	4.000	20.34	81.36
				Subtotal mano de obra:	169.36
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	724.30	14.49
Coste de mantenimiento decenal: 701,85€ en los primeros 10 años.				Costes directos (1+2+3):	738.79

Anexo B. Sobrecostes iniciales.

	ÁREA [M2]	PAQUETE 1		PAQUETE 2		PAQUETE 3		PAQUETE 4		PAQUETE 5	
		€/m2	€	€/m2	€	€/m2	€	€/m2	€	€/m2	€
MEJORA											
MURO EXTERIOR	190.05	0.00 €	0.00 €	12.25 €	2 328.11 €	12.25 €	2 328.11 €	12.25 €	2 328.11 €	25.05 €	4 760.75 €
CUBIERTA	92.61	10.67 €	988.15 €	12.77 €	1 182.63 €	12.77 €	1 182.63 €	12.77 €	1 182.63 €	31.82 €	2 946.85 €
TABIQUERÍA	125.51	12.06 €	1 513.65 €	11.87 €	1 489.80 €	11.87 €	1 489.80 €	11.87 €	1 489.80 €	18.68 €	2 344.53 €
SOLERA	92.61	16.24 €	1 503.99 €	18.59 €	1 721.62 €	18.59 €	1 721.62 €	18.59 €	1 721.62 €	30.72 €	2 844.98 €
FORJADO INTERNO	72.81	0.00 €	0.00 €	12.79 €	931.24 €	12.79 €	931.24 €	12.79 €	931.24 €	16.80 €	1 223.21 €
VIDRIOS	18.2	50.78 €	924.20 €	121.89 €	2 218.40 €	121.89 €	2 218.40 €	121.89 €	2 218.40 €	162.47 €	2 956.95 €
TOLDOS	5.5	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	93.40 €	513.70 €	93.40 €	513.70 €	93.40 €	513.70 €
VENT. NOCTURNA	1	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	738.79 €	738.79 €	738.79 €	738.79 €
PERMEABILIDAD	18.2	50.00 €	910.00 €	50.00 €	910.00 €	100.00 €	1 820.00 €	100.00 €	1 820.00 €	100.00 €	1 820.00 €
TOTAL			5 839.98 €		10 781.80 €		12 205.50 €		12 944.29 €		20 149.76 €

Anexo C. Costes de mantenimiento.

	ÁREA [M2]	PAQUETE 1			PAQUETE 2			PAQUETE 3			PAQUETE 4			PAQUETE 5		
		€/m2 (10 años)	€/m2 (30 años)	€ (30 años)	€/m2 (10 años)	€/m2 (30 años)	€ (30 años)	€/m2 (10 años)	€/m2 (30 años)	€ (30 años)	€/m2 (10 años)	€/m2 (30 años)	€ (30 años)	€/m2 (10 años)	€/m2 (30 años)	€ (30 años)
MANTENIMIENTO MURO EXTERIOR	190.05	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.25 €	142.54 €	0.25 €	142.54 €	0.25 €	142.54 €	0.25 €	142.54 €	0.25 €	142.54 €	0.50 €	285.08 €
CUBIERTA	92.61	0.21 €	58.34 €	72.24 €	0.26 €	72.24 €	0.26 €	72.24 €	0.26 €	72.24 €	0.26 €	72.24 €	0.26 €	72.24 €	0.64 €	177.81 €
TABICUERÍA	125.51	1.09 €	410.42 €	410.42 €	1.09 €	410.42 €	1.09 €	410.42 €	1.09 €	410.42 €	1.09 €	410.42 €	1.09 €	410.42 €	1.51 €	568.56 €
SOLERA	92.61	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
FORJADO INTERNO	72.81	0.00 €	0.00 €	56.79 €	0.26 €	56.79 €	0.26 €	56.79 €	0.26 €	56.79 €	0.26 €	56.79 €	0.26 €	56.79 €	0.34 €	74.27 €
VIDRIOS	18.2	10.66 €	582.04 €	1 526.07 €	27.95 €	1 526.07 €	27.95 €	1 526.07 €	27.95 €	1 526.07 €	27.95 €	1 526.07 €	27.95 €	1 526.07 €	34.12 €	1 862.95 €
TOLDOS	5.5	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	79.42 €	1 310.43 €
VENT. NOCTURNA	1	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	701.08 €	701.08 €
TOTAL			1 050.80 €	2 208.05 €		3 518.48 €		4 219.56 €		4 980.17 €						

