



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Auditoría energética y evaluación económica de una
vivienda en Patones de Arriba

Autor: Carlos Oliva Zurdo

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Julio de 2025

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Auditoría energética y evaluación económica de una vivienda en Patones de Arriba
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2024/25 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

A handwritten signature in black ink, reading "Carlos Oliva Zurdo". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the end.

Fdo.: Carlos Oliva Zurdo

Fecha: 10/ 07/2025

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Íñigo Sanz Fernández

Fecha://



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Auditoría energética y evaluación económica de una
vivienda en Patones de Arriba

Autor: Carlos Oliva Zurdo

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Julio de 2025

AUDITORÍA ENERGÉTICA Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UNA VIVIENDA EN PATONES DE ARRIBA

Autor: Oliva Zurdo, Carlos.

Director: Sanz Fernández, Íñigo.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

En este trabajo de fin de grado se ha llevado a cabo un análisis del estado actual de una vivienda con el fin de plantear reformas para mejorar la eficiencia energética de la misma, las mejoras planteadas han sido: la incorporación de aislantes en los cerramientos que constituyen la envolvente térmica del edificio, el cambio de los sistemas de calefacción y la implementación de una instalación fotovoltaica para el autoconsumo.

Se han utilizado las herramientas HULC (Herramienta Unificada Lider-Calener) y SAM (System Advisor Model) y mediante las medidas propuestas se ha conseguido cumplir con las normas actuales de edificación y reducir la energía necesaria consumida por la casa en un 48,57%, se ha llevado a cabo una instalación fotovoltaica con una potencia instalada de 10 kW, que ha permitido una generación anual de 17.186,97 kWh/año y los índices económicos del proyecto han sido un Retorno de Inversión de 10 años y 4 meses, un VAN de 4.238,38 € y un TIR del 7%.

Palabras clave: Eficiencia Energética, Instalación Fotovoltaica, HULC, SAM, Análisis económico del proyecto

1. Introducción

En un momento actual mundial donde los países están centrando sus esfuerzos en la reducción de gases de efecto invernadero y en la menor dependencia de los combustibles fósiles, es necesario que todos los ciudadanos seamos partícipes de este cambio.[1] En este aspecto, es donde se centra este trabajo de fin de grado, con el fin de plantear mejoras a una vivienda situada en el municipio de Patones en la Comunidad de Madrid, que fue construida en el año 1978.

2. Definición del proyecto

El objetivo principal de este proyecto es mejorar la eficiencia energética de la vivienda, a la vez que cumpla con la legislación vigente, para llegar a estos objetivos, el proyecto, se ha planteado en 3 partes. La primera, hacer el análisis actual del estado de la vivienda y plantear reformas para mejorar la eficiencia total de la vivienda. La segunda, comprobar el beneficio que reportan las mejoras planteadas y calcular la nueva eficiencia energética de la casa. La tercera, calcular la viabilidad de las mejoras planteadas en este proyecto mediante los índices económicos (VAN, TIR y Retorno de Inversión).

Para llevar a cabo los análisis, se realizarán las simulaciones en la aplicación HULC, que permite el cálculo de la eficiencia energética de la vivienda, para modelar la instalación fotovoltaica, se realizará el análisis en la herramienta SAM, finalmente se realizará un análisis económico en Excel para el cálculo de la viabilidad del proyecto.

3. Descripción de los sistemas

Con el modelado actual de la vivienda en la herramienta HULC, la eficiencia de la casa estaba en una clase E y no cumplía con la normativa vigente en ninguno de los parámetros que la aplicación analiza.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<54.20 A		<12.20 A	
54.20-87.8 B		12.20-19.9 B	
87.80-136.10 C		19.90-30.80 C	
136.10-209.30 D		30.80-47.30 D	
209.30-375.60 E	273,46 E	47.30-83.70 E	68,99 E
375.60-473.20 F		83.70-100.40 F	
>=473.20 G		>=100.40 G	

Ilustración 1: Calificación energética obtenida inicialmente. (Elaboración Propia – HULC)

Es por ello por lo que la primera mejora planteada fue la adición de placas de aislante de poliestireno expandido EPS ($k=0,037[\frac{W}{m \cdot K}]$), en el análisis de HULC, también se comprobó una alta dependencia en las energías no renovables, debido a que la principal fuente de obtención de energía es la caldera de fuel oil. Por lo que para mejorar los sistemas de climatización de la casa se planteó la incorporación de un sistema de aerotermia para que se redujese el consumo total de la vivienda a la vez que se reducía la dependencia en los combustibles fósiles. [2]

El sistema de aerotermia planteado, reutiliza los radiadores ya existentes en la casa y se compone, además de los radiadores, de un sistema monobloc de 10kW y de 6 fancoils de 3010W frío/5080W calor, situados en las habitaciones y en los salones de la vivienda.[3], [4]

Para el diseño de la instalación fotovoltaica se utilizó la mayor cantidad de superficie disponible que asciende a 53m², correspondientes con el tejado de la casa, y se buscó maximizar la cantidad de energía generada. Se calculó que, para cumplir estos objetivos, sean necesarios 17 paneles solares JAM66D46, de la marca JA Solar, conectados a un inversor híbrido SUN 10k, de la marca Deye [5], [6] . El conexionado de los paneles solares se dividen en 2 strings uno con 9 y otro con 8 módulos. El tejado es un tejado de 10° con caída de dos aguas, por lo que el primer string tendrá una orientación 210° (Sudoeste) y el segundo tendrá una orientación 60° (Este).

4. Resultados

- Con la adición de los sistemas de aislamiento se consigue una reducción del 48,57% en la energía necesaria para mantener la casa en una temperatura de confort.

- Con la adición de los sistemas de calefacción, se consigue la independencia de energías no renovables y se redujo la cantidad de energía requerida en un 37%.
- Con la Instalación fotovoltaica, se consigue una energía generada anual de 17.186,97 kWh, lo que hizo que se vertiese a la red 14.980,65 kWh anuales, consiguiendo no pagar en la factura eléctrica a excepción de los costes fijos aplicados por la distribuidora.

Gracias a todas las medidas propuestas se consigue obtener una certificación clase A en el nuevo análisis de eficiencia energética de la vivienda realizado con la herramienta HULC.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<54.20 A	0,00 A	<12.20 A	0,00 A
54.20-87.8 B		12.20-19.9 B	
87.80-136.10 C		19.90-30.80 C	
136.10-209.30 D		30.80-47.30 D	
209.30-375.60 E		47.30-83.70 E	
375.60-473.20 F		83.70-100.40 F	
=>473.20 G		=>100.40 G	

Ilustración 2: Calificación energética final obtenida. (Elaboración Propia – HULC)

Finalmente se realizó el análisis de viabilidad del proyecto que arrojó unos resultados muy positivos en los índices utilizados, ya que se obtuvo un Retorno de Inversión de 10 años y 4 meses, un VAN de 4.238,38 € y un TIR del 7%.

VAN	4.238,38 €
TIR	7%
PAYBACK	10,33708071

Ilustración 3: Índices de inversión (Elaboración Propia)

5. Conclusiones

Este trabajo ha cumplido con los objetivos planteados al inicio de este, ya que se ha mejorado la eficiencia energética de la vivienda, ya que ha pasado de una clase E a una clase A, se ha reducido el consumo total de la casa a la vez que se produce un excedente de generación de energía y se ha comprobado la viabilidad económica del proyecto, ya que todos los índices económicos arrojan una viabilidad económica positiva.

6. Referencias

- [1] «El Acuerdo de París | CMNUCC». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>
- [2] «Aeroterminia: qué es, cómo funciona y sus ventajas». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/aeroterminia/index.cshtml>
- [3] «Comprar Kit Fancoil Aeroterminia para Calefacción 10kW Aquaris MD: precio». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.es/aeroterminia-con-fancoils/kit-fancoil-aeroterminia-para-calefaccion-10kw-aquaris-md>
- [4] «Fancoil Pared 2 Tubos 3810W frío / 5080W calor». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.es/fancoils-pared/fancoil-pared-2-tubos-3810w-frío-5080w-calor>
- [5] «Panel JA 710W JAM66D46 LB Bifacial», Efecto Solar. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://efectosolar.es/tienda/paneles-solares/panel-ja-710w-jam66d46-lb-bifacial/>
- [6] «Inversor híbrido RED-HIB DEYE SUN V.01 AM2 HP T/F 10 kW | Leroy Merlin», Leroy Merlin - Bricolaje, Decoración, Hogar, Jardín. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.leroymerlin.es/productos/inversor-hibrido-red-hib-deye-sun-v-01-am2-hp-t-f-10-kw-89341208.html>

ENERGY AUDIT AND ECONOMIC EVALUATION OF A HOUSE IN PATONES DE ARRIBA

Author: Oliva Zurdo, Carlos.

Supervisor: Sanz Fernández, Íñigo

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

In this final degree project, an analysis of the current state of a house has been carried out in order to propose improvements to enhance its energy efficiency. The proposed improvements were the incorporation of insulation in the enclosures that constitute the building's thermal envelope, the replacement of the heating systems, and the implementation of a photovoltaic installation for self-consumption.

The HULC (Unified Tool Lider-Calener) and SAM (System Advisor Model) tools were used, and through the proposed measures, compliance with current building regulations was achieved, as well as a 48.57% reduction in the energy consumed by the house. A photovoltaic installation with an installed capacity of 10 kW was implemented, which allowed for an annual generation of 17,186.97 kWh/year. The project's economic indicators were a Payback of 10 years and 4 months, an NPV of €4,238.38, and an IRR of 7%.

Keywords: Energy Efficiency, Photovoltaic Installation, HULC, SAM, Economic Analysis of the Project

1. Introduction

In the current global context, where countries are focusing their efforts on reducing greenhouse gas emissions and decreasing dependence on fossil fuels, it is necessary for all citizens to participate in this transition.[1] This is the focus of this final degree project, aiming to propose improvements to a house located in the municipality of Patones in the Community of Madrid, built in 1978.

2. Project Definition

The main objective of this project is to improve the energy efficiency of the house while complying with current legislation. To achieve these objectives, the project was divided into three parts. The first part was to analyze the current state of the house and propose improvements to enhance its overall efficiency. The second part was to verify the benefits of the proposed improvements and calculate the new energy efficiency of the house. The third part involves evaluating the feasibility of the proposed improvements through economic indicators (NPV, IRR, and Payback).

To carry out the analyses, simulations were performed using the HULC application, which allows for the calculation of a house's energy efficiency. To model the photovoltaic installation, the analysis was performed using the SAM tool. Finally, an economic analysis was carried out in Excel to assess the project's feasibility.

3. System Description

With the current modelling of the house in the HULC tool, the efficiency of the house was rated as a class E and did not comply with the current regulations in any of the parameters analysed by the application.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<54.20 A		<12.20 A	
54.20-87.8 B		12.20-19.9 B	
87.80-136.10 C		19.90-30.80 C	
136.10-209.30 D		30.80-47.30 D	
209.30-375.60 E		47.30-83.70 E	
375.60-473.20 F		83.70-100.40 F	
=>473.20 G		=>100.40 G	
	273.46 E		68.99 E

Ilustración 4: Initial energy rating obtained (Own elaboration-HULC)

Therefore, the first proposed improvement was the addition of expanded polystyrene EPS insulation panels EPS ($k=0.037[\frac{W}{m \cdot K}]$). The HULC analysis also revealed a high dependency on non-renewable energy sources, as the primary energy source was a fuel oil boiler. To improve the house's climate systems, the incorporation of an aerothermal system was proposed to reduce total energy consumption and the dependence on fossil fuels. [2]

The proposed aerothermal system reuses the existing radiators in the house and consists, in addition to the radiators, of a 10 kW monobloc system and 6 fan coils of 3010 W cooling / 5080 W heating, located in the bedrooms and living areas of the house.[3], [4]

For the photovoltaic installation design, the maximum available surface area was used, 53 m², and the goal was to maximize the generated energy. It was calculated that to meet these goals, 17 JAM66D46 solar panels from JA Solar would be needed, connected to a SUN 10k hybrid inverter from Deye. The solar panels are divided into 2 strings, one with 9 modules and the other with 8. The roof has a 10° pitch with a gable design, so the first string will face 210° (Southwest), and the second will face 60° (East).[5], [6]

4. Results

- With the addition of the insulation systems, a 48.57% reduction in the energy needed to maintain the house at a comfortable temperature was achieved.
- With the addition of the heating systems, independence from non-renewable energy sources was achieved, and the amount of energy required was reduced by 37%.
- With the photovoltaic installation, an annual energy generation of 17,186.97 kWh was achieved, resulting in 14,980.65 kWh/year excess, being fed into the grid,

getting to avoid paying the electricity bill except for the fixed costs applied by the distributor.

Thanks to all the proposed measures, an energy certification of class A was obtained in the new energy efficiency analysis of the house conducted with the HULC tool.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<54.20 A	0,00 A	<12.20 A	0,00 A
54.20-87.8 B		12.20-19.9 B	
87.80-136.10 C		19.90-30.80 C	
136.10-209.30 D		30.80-47.30 D	
209.30-375.60 E		47.30-83.70 E	
375.60-473.20 F		83.70-100.40 F	
=>473.20 G		=>100.40 G	

Ilustración 5: Final energy rating obtained. (Own elaboration – HULC)

Finally, a feasibility analysis of the project was conducted, which yielded very positive results in the used indicators, with a Return on Investment of 10 years and 4 months, an NPV of €4,238.38, and an IRR of 7%.

NPV	4.238,38 €
IRR	7%
PAYBACK	10,33708071

Ilustración 6: Investment indicators (Own elaboration)

5. Conclusions

This project has met the objectives set at the beginning, as the energy efficiency of the house has improved from class E to class A, the total consumption of the house has been reduced while generating a surplus of energy, and the economic feasibility of the project has been confirmed, since all economic indicators show a positive outcome.

6. References:

- [1] El Acuerdo de París | CMNUCC». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>

- [2] «Aeroterminia: qué es, cómo funciona y sus ventajas». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/aeroterminia/index.cshtml>
- [3] «Comprar Kit Fancoil Aeroterminia para Calefacción 10kW Aquaris MD: precio». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.es/aeroterminia-con-fancoils/kit-fancoil-aeroterminia-para-calefaccion-10kw-aquaris-md>
- [4] «Fancoil Pared 2 Tubos 3810W frío / 5080W calor». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.es/fancoils-pared/fancoil-pared-2-tubos-3810w-frío-5080w-calor>
- [5] «Panel JA 710W JAM66D46 LB Bifacial», Efecto Solar. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://efectosolar.es/tienda/paneles-solares/panel-ja-710w-jam66d46-lb-bifacial/>
- [6] «Inversor híbrido RED-HIB DEYE SUN V.01 AM2 HP T/F 10 kW | Leroy Merlin», Leroy Merlin - Bricolaje, Decoración, Hogar, Jardín. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.leroymerlin.es/productos/inversor-hibrido-red-hib-deye-sun-v-01-am2-hp-t-f-10-kw-89341208.html>

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	11
1.1 Motivación del proyecto.....	12
1.2 Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	13
1.3 Objetivos	15
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías.....	16
2.1 Energías Renovables	16
2.1.1 Energía Eólica.....	17
2.1.2 Energía Geotérmica	18
2.1.3 Biomasa	19
2.2 Energía Solar	20
2.2.1 Energía Solar Fotovoltaica	20
2.2.2 Energía Solar Térmica	20
2.2.3 Sistemas Híbridos.....	21
2.3 Componentes de una instalación fotovoltaica	22
2.3.1 Paneles Fotovoltaicos	22
2.3.2 Inversores	24
2.3.3 Reguladores de carga.....	25
2.3.4 Baterías	26
2.3.5 Autoconsumo Fotovoltaico.....	28
2.4 Transmisión de calor	29
2.4.1 Conducción.....	29
2.4.2 Convección	32
2.4.3 Radiación.....	33
2.4.4 Aislamiento Térmico.....	35
2.5 Regulaciones	35
2.5.1 Código Técnico de Edificación	36
2.5.2 Regulaciones de Instalaciones Fotovoltaicas.....	41
2.6 Aplicaciones utilizadas.....	42
2.6.1 HULC (Herramienta Unificada Lider-Calener)	42
2.6.2 SAM (System Advisor Model)	47

Capítulo 3. Estado de la Cuestión	52
Capítulo 4. Estado actual de la vivienda.....	54
4.1 Descripción de la vivienda	54
4.1.1 Ubicación geográfica y características climáticas	54
4.1.2 Descripción arquitectónica	55
4.1.3 Planos.....	56
4.1.4 Sistemas actuales: climatización, ACS y aislamientos	60
4.2 Evaluación energética del estado actual	62
4.2.1 Cálculo de transmitancias térmicas	62
4.2.2 Demanda energética.....	68
4.2.3 Modelado en HULC Líder-Calener.....	72
4.2.4 Análisis de la vivienda con Matlab.....	78
4.2.5 Problemas detectados.....	86
Capítulo 5. Propuesta de mejora energética.....	87
5.1 Intervenciones en aislamientos.....	87
5.1.1 Mejoras en Muros Exteriores, Interiores, Cubierta y suelos	87
5.1.2 Sustitución de ventanas y puertas.....	90
5.1.3 Comparación en consumos de calefacción con Matlab	92
5.2 Intervenciones en sistemas de climatización.....	95
5.3 Instalación fotovoltaica	96
5.3.1 Descripción de la instalación.....	97
5.3.2 Simulación de la producción en SAM.....	99
5.4 Comparación entre el estado actual y mejoras propuestas	104
5.4.1 Resultados de HULC	104
5.4.2 Eficiencia Energética	107
Capítulo 6. Análisis económico.....	109
6.1 Cálculo del Presupuesto	109
6.2 Estudio económico	111
Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros.....	119
Capítulo 8. Bibliografía.....	122

<i>ANEXO I: Certificado de Antigüedad de la vivienda</i>	<i>129</i>
<i>ANEXO II: Fichas técnicas de los sistemas de la vivienda</i>	<i>137</i>
<i>ANEXO III: Certificado de Eficiencia energética actual.....</i>	<i>140</i>
<i>ANEXO IV: Fichas técnicas de los sistemas propuestos</i>	<i>143</i>
<i>ANEXO V: Resultados de SAM (system advisor model).....</i>	<i>151</i>
<i>ANEXO VI: Certificado de eficiencia energética de la vivienda con las medidas propuestas</i>	<i>154</i>
<i>ANEXO VII: Gráficas de variación de precios de las energías.....</i>	<i>162</i>

Índice de figuras

Figura 1: Conducción estacionara en pared plana simple. (Transmisión de Calor – Universidad Pontificia de Comillas-ICAI)	30
Figura 2: Zona climática según altitud y provincia. (CTE-HE tabla A anexo B)	37
Figura 3: Valores límites de transmitancia según zona climática y cerramiento. (CTE-HE1 Tabla 3.1.1).....	38
Figura 4: Valores límite de control solar en las envolventes térmicas. (CTE HE-1 Tabla 3.1.2).....	38
Figura 5: Valores límite de la permeabilidad al aire en los huecos según la zona climática. (CTE HE-1 Tabla 3.1.3a)	38
Figura 6: Valor de transmitancia límite en las particiones interiores. (CTE HE-1 Tabla 3.2)	39
Figura 7: Resistencias interiores y exteriores de elementos en contacto con el exterior. (CTE documento DA DB-HE/1).....	39
Figura 8: Resistencias interiores y exteriores de elementos interiores. (CTE documento DA DB-HE/1)	40
Figura 9: Valores para el cálculo del caudal mínimo de renovación de la vivienda. (CTE- HS3 Tabla 2.1).....	41
Figura 10: Pestaña de datos administrativos. (HULC).....	42
Figura 11: Pestaña de creación de cerramientos. (HULC)	43
Figura 12: Visualización del edificio. (HULC).....	44
Figura 13: Descripción de los elementos de la envolvente. (HULC).....	45
Figura 14; Descripción de los elementos de climatización del sistema. (HULC).....	46
Figura 15: Mensaje de finalización del cálculo de resultados. (HULC)	46
Figura 16: Pestaña de descripción de localización. (SAM).....	48
Figura 17: Pestaña de descripción de paneles solares. (SAM).....	49
Figura 18: Pestaña de descripción de inversor. (SAM).....	50

Figura 19: Pestaña de diseño del sistema. (SAM)	50
Figura 20: Pestaña de energía consumida por el sistema. (SAM)	51
Figura 21: Plano de la planta inferior de la vivienda. (Estudio de Arquitectura-Urbanismo2)	57
Figura 22: Plano de la planta superior de la vivienda. (Estudio de Arquitectura-Urbanismo2)	58
Figura 23: Planta inferior de la vivienda con Autocad2025. (Elaboración Propia)	59
Figura 24: Plano de planta superior de la vivienda con Autocad2025. (Elaboración Propia)	60
Figura 25: Placa de características de la caldera de gas. (Elaboración Propia).....	61
Figura 26: Acumulador de 50 L de la marca WELCOME. (Elaboración Propia)	61
Figura 27: Composición del Entresuelo de la vivienda. (Elaboración Propia-HULC)	73
Figura 28: Descripción de las ventanas de la vivienda. (Elaboración Propia-HULC).....	74
Figura 29: Vista 3D de la vivienda con todos los cerramientos y sombras. (Elaboración Propia-HULC)	74
Figura 30: Verificación de los requisitos mínimos de la envolvente térmica. (Elaboración Propia-HULC)	75
Figura 31: Demanda de ACS. (Elaboración Propia-HULC)	76
Figura 32: Características de chimenea de leña. (Elaboración Propia-HULC).....	77
Figura 33: Verificación de los requisitos mínimos de consumo renovable y cobertura de ACS. (Elaboración Propia-HULC).....	77
Figura 34: Calificación energética obtenida de la vivienda. (Elaboración Propia-HULC). 78	
Figura 35: Código de Matlab con los datos del sistema casa exterior. (Elaboración Propia)	80
Figura 36: Simulink para el modelado de la evolución térmica de la casa. (Elaboración Propia)	81
Figura 37: Cambio de temperatura deseada de 10 a 21°C. (Elaboración Propia).....	81
Figura 38: Potencia calorífica del piso superior necesaria para aumentar la vivienda de 10 a 21°C sin aislantes térmicos. (Elaboración Propia).....	82

Figura 39: Potencia calorífica del piso inferior necesaria para aumentar la vivienda de 10 a 21°C sin aislantes térmicos. (Elaboración Propia).....	83
Figura 40: Ventana oscilobatiente de PVC. (Leroy Merlin)	90
Figura 41: Puerta de entrada de la vivienda. (Leroy Merlin)	91
Figura 42: Puerta exterior de PVC. (Leroy Merlin)	92
Figura 43: Potencia calorífica del piso superior necesaria para aumentar la vivienda de 10 a 21°C con aislantes térmicos. (Elaboración Propia)	93
Figura 44: Potencia calorífica del piso inferior necesaria para aumentar la vivienda de 10 a 21°C con aislantes térmicos. (Elaboración Propia)	94
Figura 45: Características del monobloc utilizado. (Elaboración Propia-HULC).....	96
Figura 46: Diseño de la instalación fotovoltaica. (SAM).....	100
Figura 47: Cantidad de Energía generada en kWh por meses en el año 1. (Elaboración propia-SAM).....	103
Figura 48: Energía generada vs Energía Consumida en kWh por meses en el año 1. (Elaboración propia-SAM).....	104
Figura 49: Verificación de los requisitos mínimos de la calidad de la envolvente en sistema con medidas propuestas. (Elaboración propia-HULC).....	105
Figura 50: Verificación de los mínimos de demanda energética con las medidas propuestas. (Elaboración propia-HULC).....	106
Figura 51: Calificación energética obtenida con las medidas propuestas. (Elaboración propia-HULC)	106

Índice de tablas

Tabla 1: Comparación de distintos paneles solares. (Elaboración Propia)	98
Tabla 2: Cálculo del Presupuesto del Proyecto. (Elaboración Propia)	110
Tabla 3: Cálculo del estudio económico del proyecto. (Elaboración Propia)	117
Tabla 4: Índices de inversión del proyecto. (Elaboración Propia)	117

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Ecuación de difusión de calor en coordenadas cartesianas.	31
Ecuación 2: Resistencia termica de una pared plana.	32
Ecuación 3: Resistencia térmica de una pared plana múltiple.....	32
Ecuación 4: Ley de enfriamiento de Newton.	32
Ecuación 5: Coeficiente de radiación.	34
Ecuación 6: Resistencia conductiva total de los muros exteriores.	63
Ecuación 7: Resistencia conductiva total del techo.....	64
Ecuación 8: Resistencia conductiva total del suelo.	66
Ecuación 9: Resistencia conductiva total de las paredes interiores.	66
Ecuación 10: Resistencia conductiva total del entresuelo.	68
Ecuación 11: Cálculo de energía anual de la chimenea.....	70
Ecuación 12: Energía caldera de fuel oil en enero y febrero.....	71
Ecuación 13: Energía caldera de fuel oil marzo y diciembre	71
Ecuación 14: Energía caldera de fuel oil abril y noviembre.....	71
Ecuación 15: Cálculo de la capacidad térmica del piso superior.	79
Ecuación 16: Cálculo de la capacidad térmica del piso inferior.....	79
Ecuación 17: Cálculo de energía total necesaria de calefacción para el confort de la vivienda en el piso superior.....	84
Ecuación 18: Cálculo de energía total necesaria de calefacción para el confort de la vivienda en el piso inferior.....	85
Ecuación 19: Cálculo de energía total necesaria de calefacción para el confort de la vivienda.	85
Ecuación 20: Cálculo del espesor del aislante necesario en los muros exteriores.	88
Ecuación 21: Cálculo del espesor del aislante necesario en las paredes interiores.	88
Ecuación 22: Cálculo del espesor del aislante necesario en el entresuelo.....	88
Ecuación 23: Cálculo del espesor del aislante necesario en el suelo.....	89
Ecuación 24: Cálculo del espesor del aislante necesario en el techo.	89
Ecuación 25: Area total disponible para la instalación de paneles solares.....	97

Ecuación 26: N° de paneles instalados.	98
Ecuación 27: Potencia total de los módulos instalados.	98
Ecuación 28: Máximo de módulos por cada string	99
Ecuación 29: Mínimo de módulos por cada string.	99
Ecuación 30: Energía eléctrica consumida por el monobloc en enero y febrero.	101
Ecuación 31: Energía eléctrica consumida por el monobloc en diciembre y marzo.	101
Ecuación 32: Energía eléctrica consumida por el monobloc noviembre y abril.	101
Ecuación 33: Energía eléctrica consumida por el monobloc en octubre y mayo.	102
Ecuación 34: Total de emisiones de CO ₂ eq de la caldera de fuel oil.	107
Ecuación 35: Total de emisiones de CO ₂ eq de la quema de leña de encina.	107
Ecuación 36: Total de emisiones de CO ₂ eq de la energía procedente de la red eléctrica	107
Ecuación 37: Total de emisiones de CO ₂ eq de la vivienda antes de las medidas propuestas.	107
Ecuación 38: Total emisiones de CO ₂ eq de la vivivenda con las mejoras propuestas.	108
Ecuación 39: Porcentaje de reducción del CO ₂ eq de la vivienda.	108
Ecuación 40: Fórmula de amortización.	111
Ecuación 41: Fórmula de factor de amortización anual.	111
Ecuación 42: Proyección del ahorro de leña.	113
Ecuación 43: Proyección del ahorro de gasóleo C.	113
Ecuación 44: Proyección de ahorro de electricidad.	113
Ecuación 45: Compensación con excedentes año 1.	114
Ecuación 46: Compensación con excedentes año 25.	115
Ecuación 47: Proyección gasto mantenimiento en paneles.	115
Ecuación 48: Proyección gasto mantenimiento en aerotermia.	115
Ecuación 49: Precio reinversión inversor.	116
Ecuación 50: Precio reinversión sistemas de calefacción.	116

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la transición ecológica, la reducción de gases de efecto invernadero y la mitigación de los efectos del cambio climático son uno de los problemas que más preocupan a los gobiernos de todo el mundo, esta preocupación sobre los problemas climáticos de nuestro planeta se plasmó en los Acuerdos de París[1], en el cual los países se comprometían a atajar estos problemas mencionados y avanzar hacia un mundo más sostenible.

En este contexto de mitigación de los efectos de cambio climático es en lo que se centra este Trabajo de Fin de Grado, en el que se realizará una auditoría energética de una vivienda construida en el año 1978 en el municipio de Patones en la Comunidad de Madrid. Esta auditoría tiene como finalidad analizar el estado actual de la construcción y plantear mejoras para una mejor alineación con los objetivos firmados en el ya mencionado Acuerdo de París.

Para llevar a cabo la Auditoría energética, primero se realizará una valoración del estado actual de la casa, en ella, se pondrá especial énfasis en todos aquellos elementos constructivos que requieran de una posible mejora en eficiencia energética, ya sea por que no se adecúan a la regulación actual o por que con esa mejora se podría aumentar la eficiencia energética de la vivienda.

La vivienda en cuestión está constituida por un chalé de dos plantas y un patio, pero debido al año de construcción plantea problemas de eficiencia energética con la regulación vigente, uno de los mayores problemas que tienen las casas construidas en esos años, en relación con la eficiencia energética son las pérdidas térmicas. Esto es debido a que durante la época de la construcción de la casa no había una regulación que obligase a las nuevas construcciones a implementar aislamientos en las paredes, ya que esta medida entró en vigor a partir de la creación del Código Técnico de Edificación de 1980[7], por lo que construcciones anteriores a esta fecha pueden no tener incorporados aislantes en las paredes de las casas. A parte de los aislantes térmicos, cabe destacar que es importante también las revisiones de los huecos de la vivienda (como puertas y ventanas) ya que la pérdida de calor puede ser importante por

ellos, especialmente ventanas que no tengan cámara de aire y marcos en los que no haya rotura de puente térmico. La incorporación de los cambios mencionados se hace vital para reducir la pérdida de calor de las estancias, ya que, sin ellos, la resistencia térmica de las paredes es mucho menor y se incurre en un mayor gasto energético para poder mantener una temperatura adecuada en el interior.

La obtención y consumición de esa energía es también parte importante de este Trabajo de Fin de Grado, ya que, en los Acuerdos de París ya mencionados, se apuesta por una generación de energía más limpia. En proyectos de vivienda nuevos, es cada vez más habitual que la energía que se consume en las casas esté generada por energías renovables, y dentro de las energías renovables, la tecnología más utilizada en las construcciones nuevas y en las remodelaciones de viviendas unifamiliares es la energía solar.

Es por ello por lo que en este Trabajo de Fin de Grado se estudiará la instalación de placas solares con el fin de incorporar generación renovable a la casa, también se estudiará la eficiencia y consumo de los aparatos actuales como las calderas para reducir el total de emisiones de gases de efecto invernadero. Además, se estudiará si es conveniente la instalación de métodos de almacenamiento de energía como baterías.

Otras de los puntos más importantes que se estudiaran en este Trabajo de Fin de Grado es la viabilidad económica de las medidas propuestas, especificando si el proyecto general no fuera viable, que cambios son más importantes para la obtención de los objetivos propuestos y cuales no son tan necesarios. Para llegar a esta decisión se estudiará la viabilidad del proyecto con medidas económicas como el VAN y el TIR.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

El aumento anual de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, es un problema de mayor importancia en la sociedad hoy en día, es por ello que minimizar nuestra aportación a la generación de estos gases es fundamental, las viviendas son una de las

principales fuentes de generación de gases de efecto invernadero, el 55% del parque de viviendas de España fue edificado antes de 1980 por lo que no estaban vigentes el primer decreto sobre la eficiencia energética (la norma básica de edificación NBE-CT-79) que fue publicada por el BOE el 12 de junio de 1979.

Con la aplicación de este proyecto se pretende reducir estos gases de efecto invernadero a la vez que se mejoraría la eficiencia energética de la vivienda y el confort en el hogar, un ejemplo de esto es la sustitución de la caldera de fueloil por calderas eléctricas ya que la caldera produce una gran cantidad de CO₂ eq. Otro ejemplo sería la eliminación o sustitución de las calderas de leña con una motivación similar, para reducir la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos.

Por otra parte, al tratarse de un bien familiar la realización de este proyecto me motiva a mejorar las instalaciones del patrimonio de mi familia, pudiéndole dar al resto de familiares un estudio detallado sobre las ventajas de una transición hacia unas renovaciones que apelen por la mejora energética de la casa, que, aunque en un corto plazo puedan parecer un desembolso económico, esa inversión inicial se recupere en forma de ahorro en el medio largo plazo.

1.2 ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)[8], adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como principal objetivo de erradicar la pobreza y segura la paz y prosperidad de las personas para el 2030.

En este sentido mi trabajo de fin de grado se alinea con varios de los ODS, en especial con los relacionados con la vivienda, el clima y la energía.

- **ODS 7: Energía asequible y no contaminante**

Este objetivo de desarrollo sostenible tiene entre sus metas los de aumentar la proporción de energía renovable producidas por fuentes energéticas, también pretende mejorar la tasa mundial de eficiencia energética. Por lo que este ODS se alinea con este trabajo ya que con la renovación de la vivienda se pretende mejorar la eficiencia energética a la vez que se produce la energía por fuentes de generación renovables, en vez de por otras fuentes mas contaminantes.

- **ODS 9: Industria, Innovación e infraestructura**

Este objetivo de desarrollo sostenible tiene entre sus metas modernizar la infraestructura, haciéndola mas sostenible, resiliente y de calidad. Por lo que este ODS se alinea con el trabajo en la mejora de la infraestructura de la casa para que sea mas sostenible con el medio ambiente.

- **ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles**

Este objetivo de desarrollo sostenible tiene entre sus metas para el 2030 reducir el impacto ambiental per cápita de las ciudades, mejorando la calidad del aire, apoyar los vínculos ambientales positivos en zonas urbanas, periurbanas y zonas rurales. Por último, también tiene como objetivo aumentar el numero de ciudades que adopten medidas para mitigar el cambio climático. Este objetivo de desarrollo se alinea con el trabajo en la mejora de las ciudades para mitigar el cambio climático mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

- **ODS 13: Acción por el Clima**

El proyecto se alinea con este objetivo de desarrollo sostenible mediante, la reducción del impacto medioambiental, la reducción del consumo energético y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en la obtención de calor como en la caldera.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos son: una remodelación completa de los elementos de la vivienda para poder alinearse con los objetivos marcados por la unión europea en el pacto de París, reducir el consumo total de la casa y proporcionar un mayor confort al hogar, pudiendo servir de ejemplo a proyectos similares.

El primero de los objetivos, es el de el cálculo de la cantidad y el tamaño de las placas solares que se van a implantar en la vivienda, calculando la vida útil de las mismas, la energía de generación, además de estudiar el caso en el que se instale también algún método de almacenamiento de energía, como baterías, y se calculará el ahorro de energía, vida útil y sobrecostes que tendría el caso en el que se añadiesen las baterías.

El segundo de los objetivos es el de analizar y plantear mejoras en las instalaciones ya existentes de la casa para, para poder mejorar la eficiencia energética total del domicilio, en estas mejoras en las instalaciones, se incluyen la mejoría en el aislamiento de la vivienda, el cambio de las chimeneas de leña y la incorporación de suelo radiante para mejorar la pérdida de calor.

El tercero de los objetivos es, una vez analizadas todas las mejoras hacer un análisis de ahorro energético, cálculo de las emisiones de CO₂eq con y sin las instalaciones implementadas.

El último de los objetivos es un análisis económico y viabilidad del proyecto, coste inicial y ahorro económico futuro teniendo en cuenta parámetros económicos como la inflación.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

2.1 ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son un conjunto de fuentes de energía que provienen de fuentes naturales y son una alternativa sostenible a los combustibles fósiles, que históricamente han sido los utilizados para obtener la energía. La definición de energía renovable establece que para que se considere renovable, la energía tiene que proveer de una fuente inagotable de energía, estas energías además producen la energía sin necesidad de realizar la quema de combustibles fósiles, lo que reduce drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero.[9]

Las energías renovables con mayor relevancia para este trabajo son las siguientes:

- La Energía eólica, que obtiene su energía a través del viento, el cual se utiliza para mover unas turbinas que al girar producen energía.
- La Energía geotérmica, esta forma de obtención de energía aprovecha el calor interno de la tierra para obtener energía a través de unos pozos geotérmicos
- La biomasa, obtiene energía de varios materiales orgánicos como la madera, o la leña, esta forma de obtener energía sí que emite gases de efecto invernadero, aunque en menor medida que la quema de combustibles fósiles.
- La Energía solar, en este caso obtiene su energía a través de la captación de los rayos del sol, para ello se utilizan tecnologías para captar los rayos y mediante reacciones en el interior de estos aparatos, convierten los rayos en energía eléctrica.

2.1.1 ENERGÍA EÓLICA

La Energía Eólica consiste en la transformación de la energía cinética del aire en electricidad mediante aerogeneradores. Este tipo de energía se considera renovable ya que el viento es una fuente de energía inagotable y no se producen gases de efecto invernadero en la obtención de la energía eléctrica por este método.

La Energía Eólica entonces, se puede obtener donde haya suficiente viento. Para transformar el viento, se necesitan unos aerogeneradores, que son unas estructuras formadas principalmente por las siguientes partes:

- **Palas:** están construidas a partir de fibra de vidrio, suelen medir alrededor de 100 metros de largo, aunque depende de los aerogeneradores ya que para aerogeneradores de mayor potencia la longitud de las palas puede ser mayor.
- **Góndola:** Es el compartimento posterior a las palas, que es la parte horizontal de las turbinas eléctricas, aquí dentro es dónde se encuentra el generador, que transforma la energía mecánica del eje de las palas en energía eléctrica
- **La Torre y la Base:** Estos son los elementos mecánicos que permiten al generador estar a una altitud adecuada para obtener la energía, este rango de alturas (entre 60-200 m) es el más adecuado para conseguir mayor cantidad de viento intenso y constante. Suelen estar construidas de aleaciones de hierro y aluminio ya que les permiten tener rigidez a la vez que no ser muy pesadas. En cuanto a la base varía mucho, sobre todo si el aerogenerador se encuentra en tierra o en el mar, en tierra la base es fija y está conectada directamente al suelo, pero en el mar pueden estar fijadas al suelo, o flotantes, estas últimas a su vez pueden ser sumergibles o semi-sumergibles, y se conectan al suelo marino mediante cables, esta conexión permite situar al aerogenerador en unas profundidades mayores que con las estructuras fijas.

2.1.2 ENERGÍA GEOTÉRMICA

La energía Geotérmica permite obtener energía a partir de pozos térmicos en el interior de la tierra, se considera una energía renovable ya que el calor del interior de la tierra es una fuente inagotable de energía además en la producción de energía eléctrica mediante este método no se incurre en la generación de gases de efecto invernadero.[10]

Dependiendo de la temperatura a la que se encuentre el agua o el vapor dentro de los pozos la geotermia se usa o para generar energía eléctrica o para sistemas de calefacción o generación como el agua caliente sanitaria.

Una planta de energía geotérmica tiene los siguientes elementos:

- Pozos: son tuberías conectadas con el vapor caliente o el fluido que captan el calor del subsuelo, suelen medir unos cuantos metros o llegar a varios kilómetros de profundidad
- Central Geotérmica: en las centrales el vapor de agua hace girar unas turbinas que transforman la energía mecánica en energía eléctrica y el excedente de vapor de agua condensado se devuelve al fluido para que se caliente y se repita el proceso.

El principal problema de la energía geotérmica es la necesidad de tener una zona con un calor superior al normal, normalmente en zonas con alta actividad geológica por lo que la instalación de centrales geotérmicas suele tener una inversión inicial elevada.

2.1.3 BIOMASA

La Biomasa es un tipo de energía renovable que se obtiene a partir de materia orgánica, como maderas o estiércol, esta materia se suele usar después como combustible para generar calor, electricidad o algunos combustibles como bioetanol.[11]

Aunque en su quema sí que se emite CO₂, no es una contribución a la generación de efectos de gas invernadero debido a que la cantidad de CO₂ emitido sería parecida a la que usó la planta para crecer por lo que netamente quedaría un aumento casi nulo de los gases de efecto invernadero.

Para la generación de electricidad se usan la quema de alguno de estos materiales como por ejemplo la madera, esto, calienta unos recipientes de agua que hacen girar unas turbinas que transforman la energía mecánica en energía eléctrica.

En el caso de la vivienda por ejemplo se usa la biomasa que en este caso sería la leña para calentar los salones de la vivienda, esto hace que no haya que conectar la caldera de fuel oil y aunque se produzcan gases de efecto invernadero con el proceso de la quema, son muy parecidos a los que se utilizaron para que la planta creciera. Además, reducimos la emisión de gases de efecto invernadero puesto que no utilizamos la caldera que emite netamente más gases de efecto invernadero, por lo que encender las chimeneas de leña es una alternativa más sostenible que encender la caldera.

El gran problema al que nos enfrentaríamos, sin embargo, si utilizásemos demasiado esta fuente de energía renovable es a la sobreexplotación de los recursos ya que por ejemplo las materias primas de esta energía suelen ser los bosques que si no les damos el tiempo suficiente para regenerarse estaríamos incurriendo en una mayor cantidad de gases de efecto invernadero.

2.2 ENERGÍA SOLAR

La energía solar consiste en captar la energía proveniente del sol, puede ser en forma de luz o de calor, es una fuente de energía renovable ya que no emite gases de efecto invernadero en la obtención de la electricidad y su materia prima es una fuente de energía inagotable el sol.

Para captar la energía proveniente del sol se ponen placas solares o colectores para transformar la energía electromagnética en energía eléctrica o energía calorífica.

Dependiendo de los elementos que se utilizan para la obtención de la energía, esta se divide en tres tipos: Solar fotovoltaica, Solar térmica y Sistemas híbridos.

2.2.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es un tipo de energía solar que usa la radiación solar para producir energía, están constituidas por paneles solares fotovoltaicos que captan la incidencia de los rayos de sol y gracias al efecto fotovoltaico, que es el proceso por el cual algunos materiales ceden electrones cuando son incididos por luz solar, transforman esa incidencia de radiación en energía eléctrica. [12]

Los paneles fotovoltaicos están formados a su vez por células fotovoltaicas, son estas células, las cuales están hechas de materiales como el silicio, dónde el efecto fotovoltaico se produce generando energía eléctrica, esta corriente, se hace pasar por un inversor que la transforma de energía eléctrica continua a energía eléctrica alterna.

2.2.2 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La energía solar térmica es un tipo de energía que utiliza la energía solar para generar calor y calentar un fluido como el agua para obtener energía.[13]

Los sistemas térmicos se caracterizan por tener unas placas solares térmicas también llamadas colectores, que absorben la radiación solar, dentro de estos colectores se encuentran unos tubos con fluido, que al recibir la incidencia del sol se calientan, este fluido caliente se

lleva al intercambiador que se encuentra en el acumulador donde esta almacenado el agua caliente del sistema. Depende del tipo de colector, pues existen colectores de baja, media y alta temperatura.

Colectores de baja temperatura: son los que suelen estar en las casas ya que se usan para calentar el agua o el aire. En el ámbito doméstico suelen llegar a unas temperaturas cercanas a los 100 °C, por lo que suelen ser utilizados para el Agua Caliente Sanitaria.

Colectores de temperatura media: estos también suelen ser colectores de placas planas, aunque llegan a alcanzar los 300 °C. Se usan también para calentar el agua del circuito de Agua Caliente Sanitaria en edificios residenciales, aunque también se pueden utilizar en aplicaciones comerciales e industriales

Colectores de Alta temperatura: se utilizan para generar vapor de agua en centrales eléctricas, el vapor de agua se usa para mover una turbina y generar así la energía eléctrica. Se componen de un sistema de espejos para concentrar los rayos del sol, el fluido en estos colectores llega a temperaturas superiores a 300 °C.

2.2.3 SISTEMAS HÍBRIDOS

Los sistemas híbridos son una mezcla de sistemas de energía solar térmica y de energía solar fotovoltaica, por lo que son paneles que combinan ambas tecnologías permitiendo generar electricidad y calor, una parte de las placas actúa como un colector y tienen un intercambiador que les permite extraer el calor para calentar el sistema de Agua Caliente Sanitaria, la otra parte de los paneles solares funciona como una célula fotovoltaica, generando electricidad por el ya mencionado efecto fotovoltaico. Estos paneles tienen una mayor eficiencia que los de las otras dos tecnologías por separado ya que optimizan el uso de la energía solar en una única instalación.

2.3 COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Las instalaciones fotovoltaicas están compuestas por diferentes componentes, cuyas funciones permiten transformar la energía del sol en electricidad, para posteriormente ser utilizada o vertida en la red eléctrica.

2.3.1 PANELES FOTOVOLTAICOS

Los paneles fotovoltaicos son los elementos más importantes en una instalación eléctrica, ya que en su interior es dónde se produce la generación de la energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico.[14]

Para la elección de los paneles solares que se usan en la instalación fotovoltaica, es necesario mirar y comparar las fichas técnicas de cada panel solar y así poder elegir cual será el panel que usaremos en nuestra instalación. Las categorías que aparecen en las fichas técnicas de los paneles son las siguientes:

- Cell type/Technology: Se refiere a los materiales de los que están compuestas las células fotovoltaicas de los paneles. Según el material de los que están fabricados estas pueden ser:

Mono-C-Si (Monocristalino de Silicio), Poli-C-Si (Policristalino de Silicio), CdTe (Telururo de Cadmio), CIGS (Cobre Indio Galio Selenio).

Aunque las más utilizadas para aplicaciones residenciales son el Monocristalino de Silicio y el Policristalino de Silicio.

Las diferencias entre ellos es que el Monocristalino de Silicio está compuesto de células de un único cristal de Silicio mientras que el Policristalino de Silicio está compuesto por varios cristales de Silicio.[15] Es por ello por lo que las Células de Monocristalino de Silicio tienen mejor eficiencia, aunque su precio es más elevado que las de Policristalino de Silicio.

- STC: Son las siglas de Standard Test Conditions, que hace referencia a la cantidad de potencia nominal que genera cada uno de los paneles solares en condiciones

estándar, es uno de los datos de la ficha técnica más importantes ya que nos permite comparar la potencia nominal de diferentes placas solares. Están calculados con una irradiancia de 1.000 W/m^2 , bajo una temperatura de celda de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y con una masa de Aire (AM) de 1,5.

- **Bifacial:** Se refiere a si el panel solar puede captar la energía solar por ambas caras, si el panel es bifacial quiere decir que ambas caras pueden producir electricidad y si el panel es mono facial solo puede producir electricidad por una de las caras. Los paneles Bifaciales pueden llegar a tener mayor rendimiento que los mono faciales, pero requieren de mayor espacio para poder captar la luz por ambas caras.
- **Dimensiones de Módulo:** En este apartado se especifican las dimensiones del panel solar, pueden dar las dimensiones como (largo x ancho x alto) y las unidades que se utilizan comúnmente son milímetros. Aunque también se puede añadir el Área del módulo que se refiere al área frontal del panel. Estas medidas son importantes para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica, especialmente si el tamaño es una limitación como es en el caso de los tejados.
- **Isc:** Se refiere a la corriente de cortocircuito del panel y se utiliza para dimensionar los cables y las protecciones que lleva el panel fotovoltaico. Se mide en Amperios.
- **Voc:** Hace referencia al voltaje de circuito abierto, este valor es muy importante puesto que se usa para poder dimensionar el Inversor ya que nos permite saber cuantos paneles máximos y mínimos pueden estar conectados en serie por cada string. Se mide en Voltios.
- **I_{mpp}/V_{mpp} :** Estos valores hacen referencia a los valores de corriente en el punto de máxima potencia (I_{mpp}) y al punto de máxima tensión (V_{mpp}). La multiplicación de ambos $V_{mpp} \cdot I_{mpp}$ da como resultado la potencia máxima P_{max} que coincide con la Potencia nominal del panel.

- **Peso:** Cantidad en Kilogramos que pesa un panel fotovoltaico, es de especial utilidad para calcular el peso que se va a ejercer sobre ciertas estructuras para saber si soportaran ese peso.

2.3.2 INVERSORES

La corriente generada por los paneles solares es corriente continua, por lo que para ser utilizada en el ámbito residencial o vertida a la red es necesario que se use un aparato para transformar la corriente de continua a alterna.

Al igual que los paneles solares los inversores también tienen fichas técnicas las cuales habrá que comparar para elegir el inversor que más nos convenga. También es importante elegir el inversor en función de los paneles solares y el número de paneles para saber la cantidad de potencia que tendrá nuestra instalación. Los elementos más importantes que aparecen en las fichas técnicas y que nos permiten elegir el inversor son los siguientes:

- **PACO:** Potencia nominal de salida del inversor en corriente alterna, nos permite saber cual será la potencia que el inversor sacará a la red o para el autoconsumo de la instalación. En los inversores cuya finalidad es el ámbito comercial, se busca que la relación entre la potencia de corriente continua y de alterna tenga un ratio de entre 1-1,3 por lo que para dimensionar el inversor buscaremos aquellos que cumplan que la relación entre la potencia que generan los paneles sea entre 1 y 1,3 veces la potencia nominal de salida del inversor.
- **PDCO:** Potencia nominal de salida del inversor en corriente continua a la que se obtendría el PACO.
- **$M_{ppt\ high} / M_{ppt\ low}$:** es la cantidad en corriente continua de voltaje que puede haber en un string, con el valor de Voltaje de circuito abierto de los paneles (V_{oc}). Se

calcula el número mínimo de paneles por string como ($M_{ppt\ low}/V_{OC}$) y el número máximo de paneles por string como ($M_{ppt\ high}/V_{OC}$).

- V_{DCmax} : valor máximo de tensión al que no se debe de llegar nunca con la tensión del string.
- V_{DC0} : valor de tensión nominal donde el inversor actúa con mejor eficiencia.

2.3.3 REGULADORES DE CARGA

El regulador de carga es un aparato electrónico que se sitúa en las instalaciones fotovoltaicas que incluyen baterías, su función consiste en optimizar la carga y descarga de las baterías de tal forma que se aumente la vida útil de las mismas. Este aparato es muy importante debido a que se ha demostrado que la vida de las baterías se deteriora mucho si la carga no es constante por lo que la incorporación de estos aparatos es muy importante en los sistemas que tienen paneles fotovoltaicos y baterías. El regulador se encarga por otro lado también de que la energía no recircule de las baterías hacia los paneles lo que podría ser perjudicial para estos últimos ya que podrían dañarse.[16]

Existen dos tipos de reguladores de carga, el PWM y el MPPT:

- PWM: cuyas siglas son Pulse Width Modulation realiza una modulación por pulsos y el principal inconveniente que tiene es que trabaja al mismo voltaje en el lado de los paneles que en el de la batería por lo que obliga a trabajar a los paneles en puntos de trabajo que no son óptimos y no se aprovecha toda la producción del panel solar. A pesar de ello los reguladores PWM son más asequibles que los MPPT. Para un correcto uso de los reguladores PWM solo podremos cargar los paneles a la tensión de las baterías. Si se quisiera más intensidad se tendrían que conectar los paneles en paralelo, pero siempre atendiendo a que la potencia total no supere a la potencia nominal del regulador.

- MPPT: Estos reguladores, cuyas siglas son Maximum Power Point Tracking, no tienen el problema de los PWM ya que permiten que el lado de los paneles funcione a tensiones distintas que el lado de las baterías, esto es gracias a que llevan incorporado un transformador que permite transformar el voltaje de más alta tensión del lado de los paneles al voltaje nominal de las baterías. Esto permite que en el lado de los paneles sí que se opere a en un punto de trabajo óptimo y se obtenga la mayor cantidad de producción de energía de los paneles. La contraparte es que los reguladores MPPT son más caros que los PWM. En la conexión de los reguladores MPPT no se puede sobrepasar el valor de voltaje de trabajo en paneles que viene dado por el fabricante en la hoja técnica.

2.3.4 BATERÍAS

En las instalaciones fotovoltaicas es cada vez más común el uso de sistemas de almacenamiento, para conservar el excedente de energía y después utilizarla o verterla a la red. Existen numerosos sistemas de almacenamiento de energía como el almacenamiento por energía gravitatoria, usado en centrales hidroeléctricas o el almacenamiento térmico, usado en centrales térmicas. Pero el sistema de almacenamiento más extendido, especialmente en las instalaciones con paneles solares es el de las baterías.

Las baterías están formadas por un electrodo positivo llamado cátodo, normalmente un óxido metálico, y por un electrodo negativo llamado ánodo, las baterías contienen también un electrolito, que provee del medio para el cambio de iones entre los electrodos. Para asegurar que los electrodos no se auto descarguen, se usa un separador entre ellos.

Existen distintos tipos de baterías según los materiales de las que estén compuestos el cátodo y el ánodo. Las baterías más usadas comúnmente pertenecen a alguno de los siguientes grupos:

- Baterías de plomo ácido
Estas baterías, son las baterías recargables más antiguas, fueron inventadas en 1859 por Gaston Plante, tienen en el electrodo positivo PbSO_2 que se convierte en PbSO_4

durante el proceso de descarga. Por otro lado, el electrodo negativo este compuesto de Plomo (metal). El voltaje nominal de la célula estas baterías son de 2V y se usan comúnmente para abastecer el motor de arranque en coches convencionales. Un problema con estas baterías son los materiales tóxicos que contiene, ya que a parte del Plomo usa H_2SO_4 como electrolito que es un ácido fuerte.

- **Baterías basadas en Níquel**

Estas baterías, fueron inventadas por Waldemar Jungner en 1899, usan en el electrodo positivo un oxihidróxido de níquel, mientras que en el electrodo negativo se suele usar Cadmio. El voltaje nominal de la célula de estas baterías es de 1,2 V, las ventajas de esta batería es que el proceso de ionización es muy reversible, siendo capaz de producir miles de ciclos manteniendo la capacitancia. Las desventajas sin embargo con estas baterías son que estas baterías suelen tener un “Efecto de Memoria” lo que hace que, si las células de la batería son cargadas y descargadas parcialmente, “recuerdan” el nivel de descarga y pierden el extra de la capacitancia de la célula otro aspecto negativo es que el Cadmio está clasificado como un material tóxico en la mayoría de los países.

- **Baterías de Iones de Litio**

Son las baterías comerciales, inventadas más recientemente, ya que la investigación se completó entre los años '70 y '80. Sus investigadores, John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham y Akira Yoshino ganaron el premio Nobel de química en 2019. Estas baterías tienen un voltaje de la célula nominal superior a 3V ya que el litio es el metal con mayor potencial de reducción. En estas baterías se usa alguna forma de grafito para el ánodo, y en el cátodo se usan bastantes más opciones, como LCO, LMO, NCM o LFP entre otras. Las ventajas de estas baterías son muchas, tienen mayor densidad energética, tienen una ratio menor de autodescarga que otros tipos de células de baterías y tienen una mayor vida útil. Las desventajas, sin embargo, son los problemas de seguridad que tienen cuando se usan muchas células y que el

proceso de carga de las baterías este monitorizado para asegurar que no haya ningún fallo y que el tiempo de vida de las baterías no se vea disminuido en exceso.

Por todo ello para el conjunto de placas solares y baterías se usarán baterías de iones de litio ya que son las que ofrecen unas mayores ventajas teniendo un impacto medioambiental más bajo.

2.3.5 AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO

El autoconsumo es la forma que le permite a cualquier persona o empresa generar y consumir la energía que produce, mediante instalaciones eléctricas de paneles solares u otras fuentes de energía renovables. Las ventajas del autoconsumo son una menor dependencia al precio de la electricidad, ya que la generación propia abastece parte del consumo eléctrico, lo que se traduce en un ahorro en la factura eléctrica a la vez que se contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero ya que no emite gases contaminantes a la atmósfera. Para realizar una instalación de autoconsumo será necesario tener una parte de generación, como paneles solares fotovoltaicos, se deberán tener elementos de protección e inversores y por último un contador. A estos elementos se le podrán añadir sistemas de almacenamiento como baterías. En todos los casos la instalación deberá estar conectada a la red eléctrica para asegurar la electricidad a la vivienda en caso de no tener generación.[17]

Dependiendo de como se vaya a utilizar el consumo generado por la instalación fotovoltaica, hay distintos tipos de autoconsumo:

- Autoconsumo sin excedentes: La totalidad de la energía producida por la instalación eléctrica se consume en la vivienda, sin posibilidad de verter el excedente de producción a la red, este tipo de autoconsumo es beneficioso para reducir el coste de la factura eléctrica.
- Autoconsumo con excedentes: Cuando la generación de la instalación supera a la energía consumida por el sistema, la energía sobrante se puede verter a la red, existen dos posibilidades de autoconsumo con excedentes, la compensación simplificada de

excedentes y la venta a red de excedentes. En la primera, el excedente se entrega a la red y se compensa la factura eléctrica dependiendo del contrato estipulado con la comercializadora, normalmente el precio al que se paga este excedente es al precio del mercado diario menos desvíos. La totalidad de la factura mensual en la que se haya vertido a la red no podrá ser negativa lo que significa que la red no pagará la energía sobrante por encima del consumo total de la vivienda. La venta a red de excedentes, sin embargo, no se recibe ninguna compensación en la factura eléctrica, pero los excedentes son vendidos en el mercado eléctrico, por lo que se deberá tener un representante en el mercado y hacerse cargo de las obligaciones fiscales y tributarias.

2.4 TRANSMISIÓN DE CALOR

La transmisión de calor aparece para resolver problemas a los que el primer y segundo principio de la termodinámica no arrojan respuesta como el tiempo que dura un proceso cuando evoluciona entre dos estados en equilibrio térmico, la potencia térmica que se usa en el proceso y la distribución de temperatura en un cuerpo en el que no hay equilibrio térmico.

Existen tres mecanismos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación

2.4.1 CONDUCCIÓN

La conducción, que es la transferencia de calor entre dos sólidos en contacto, o dentro del mismo sólido, es regida por la ley de Fourier, formulada en 1822 y que explica la potencia calorífica que se transfiere por conducción, esta fórmula requiere de varios parámetros para su cálculo, como son el área de transferencia de calor (A), el gradiente de temperatura (∇T) y la conductividad térmica del material (k) que es una variable que depende de la temperatura y cuyas unidades son $[\frac{W}{m \cdot K}]$.

Ley de Fourier:

$$q = -\nabla T \cdot A \cdot k \quad [W]$$

El símbolo negativo de la ecuación quiere decir indicar que el flujo de calor lleva el sentido de las temperaturas decrecientes según explica el Segundo Principio de la Termodinámica.

En este Trabajo de Fin de Grado se utilizarán también los conocimientos de conducción estacionaria unidimensional, para el cálculo de las resistencias conductivas de las paredes techos y suelos de la vivienda, ya que no habrá generación interna de calor ni en paredes ni en los suelos. [18]

Para calcular las resistencias conductivas de las paredes, se tomará una pared plana de espesor e , altura H , ancho L y temperaturas T_1 y T_2 :

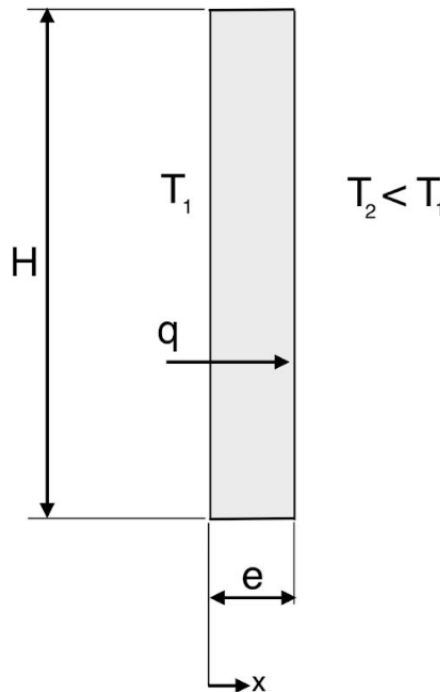


Figura 1: Conducción estacionaria en pared plana simple. (Transmisión de Calor – Universidad Pontificia de Comillas-ICAI)

Se aplicará la ecuación de difusión de calor en coordenadas cartesianas:

Ecuación 1: Ecuación de difusión de calor en coordenadas cartesianas.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q''' = \rho c \frac{\partial T}{\partial t}$$

y debido a que las condiciones de estudio no varían con el tiempo y no existe generación interna de calor ($q=0$) simplifica la ecuación anterior a:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0$$

Como existe una sola variable independiente la derivada parcial se puede considerar como derivada total e integrando la anterior expresión 2 veces queda la siguiente expresión:

$$T(x) = C_1 x + C_2$$

para determinar las constantes de integración C_1 y C_2 , se usarán los datos de las temperaturas T_1 y T_2 :

$$T(x = 0) = T_1$$

$$T(x = e) = T_2$$

Quedando entonces los valores de C_1 y C_2 :

$$C_1 = -\frac{(T_1 - T_2)}{e}$$

$$C_2 = T_1$$

Quedando la temperatura en función de x como:

$$T(x) = -\frac{(T_1 - T_2)}{e} x + T_1$$

ahora usando la ley de Fourier para calcular la potencia calorífica:

$$q = -\frac{dT}{dx} \cdot A \cdot k = A \cdot k \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{e}$$

nos sale los valores de la Resistencia térmica de una pared plana R, dónde $A=H \cdot L$:

Ecuación 2: Resistencia termica de una pared plana.

$$R = \frac{e}{k \cdot A} = \frac{e}{k \cdot H \cdot L} \left[\frac{K}{W} \right]$$

Cuyas unidades son Kelvin/Vatio o °C/Vatio.

Para calcular la resistencia térmica de una pared plana múltiple se hará el sumatorio de todas las resistencias conductivas de todas las paredes a las que atraviase el mismo flujo calorífico:

Ecuación 3: Resistencia térmica de una pared plana múltiple.

$$R_T = \sum \frac{e_i}{k_i \cdot A}$$

2.4.2 CONVECCIÓN

La convección es el proceso de transmisión de calor que se da entre una superficie o cuerpo y un fluido o gas a que están a distintas temperaturas. La temperatura irá desde una temperatura T_s hasta una temperatura T_∞ , en puntos alejados de la superficie del cuerpo, esta zona se la denomina capa límite térmica y su espesor crece a lo largo de la placa. La convección se rige por la ley de enfriamiento de newton.[19]

Ley de enfriamiento de Newton:

Ecuación 4: Ley de enfriamiento de Newton.

$$q = h \cdot A \cdot \Delta T \text{ [W]}$$

En esta ecuación, A es el área de intercambio de calor, ΔT es la diferencia de temperatura entre la temperatura de la superficie T_s , y la temperatura de la corriente libre fuera de la capa límite térmica a T_∞ , si la Temperatura de superficie es mayor que la de la capa límite, el calor q, irá desde el cuerpo hacia el fluido si por el contrario es menor, ira del fluido hacia el

cuerpo. Por último, h es el coeficiente de convección, es un valor experimental que depende de las propiedades del fluido de la geometría de la superficie y de la hidrodinámica del flujo en torno a esa superficie, la unidad del coeficiente de convección es $[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$.

Usando la Ley de enfriamiento de Newton se puede obtener el valor de la resistencia convectiva ya que la resistencia convectiva es:

$$R_{conv} = \frac{1}{h_{conv} \cdot A}$$

Dependiendo de la naturaleza del flujo la convección puede ser:

- Libre: el movimiento del fluido está creado exclusivamente por las fuerzas que aparecen como consecuencia de las diferencias de densidad causadas por gradientes de temperatura en el fluido y por la presencia de un campo gravitatorio.
- Forzada: el movimiento del fluido esta creado por fuerzas externas como bombas o compresores.
- Mixta: es la mezcla entre convección libre y forzada, ambas inducen movimientos en el fluido pueden ser a favor u opuestos, por lo que la transferencia de calor se puede ver beneficiada o perjudicada dependiendo si los efectos se suman o no.

2.4.3 RADIACIÓN

La radiación es el intercambio de calor entre superficies mediante ondas electromagnéticas, cuando las superficies no están en contacto y hay presencia de un medio transparente o vacío a dichas ondas. Toda la materia emite radiación, la longitud de onda de esta radiación comprende valores de entre 0,1 y 100 μm , las grandes longitudes de onda predominan en las radiaciones de los cuerpos a bajas temperaturas y longitudes de onda predominan en cuerpos de alta temperatura. La radiación, a diferencia de la conducción y la convección, no necesita un medio físico para ser transportada, y es más eficaz en ausencia de un medio. [20]

La radiación esta regida por la ley de Stefan-Boltzmann, que dice que la potencia térmica emitida por un cuerpo depende del área del cuerpo y de la temperatura superficial del mismo.

Ley de Stefan-Boltzmann:

$$q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T_s^4 \text{ [W]}$$

En esta ecuación, ε , denominada emisividad, es una propiedad de los materiales que depende de la composición de la superficie, de la temperatura de esta y del acabado. σ , es la constante de Stefan-Boltzmann cuyo valor es $\sigma=5,67 \cdot 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right]$. Por último, T_s es la temperatura superficial en Kelvin.

La potencia radiante neta que sale de una superficie opaca e isoterma a temperatura T_1 envuelta por otra superficie hueca e isoterma a temperatura T_2 , viene dada por la siguiente expresión:

$$q_1 = \varepsilon_1 \cdot \sigma \cdot A_1 \cdot (T_1^4 - T_2^4) \text{ [W]}$$

Sí el calor radiante es mayor que 0, el cuerpo pierde calor y si es menor que 0 el cuerpo gana calor.

La anterior ecuación se puede expresar de la siguiente forma:

$$q_1 = h_r \cdot A_1 \cdot (T_1 - T_2)$$

Donde:

Ecuación 5: Coeficiente de radiación.

$$h_r = \varepsilon_1 \cdot \sigma \cdot (T_1^2 + T_2^2) \cdot (T_1 + T_2)$$

Denominado coeficiente de radiación.

Finalmente, al igual que con la convección y la conducción, se puede hacer uso de la resistencia radiante cuya fórmula es:

$$R_{rad} = \frac{1}{h_r \cdot A}$$

2.4.4 AISLAMIENTO TÉRMICO

El aislamiento térmico es el conjunto de técnicas y materiales que se utilizan en la construcción de edificios para reducir la transmisión de calor, especialmente para reducir la cantidad de calor que una construcción pierde hacia el exterior. A parte de en el ámbito de la construcción el aislamiento térmico es utilizado en todos los aparatos cuyo objetivo es mejorar la eficiencia de consumo de estos.[21]

El aislamiento térmico es entonces la medida más efectiva para el ahorro energético de las viviendas, en los que normalmente se aplican materiales denominados aislantes debido a su baja conductividad térmica. La conductividad térmica es una propiedad que tienen los materiales que describe su capacidad para conducir el calor.

Para reducir esa transferencia de calor con el exterior, en los edificios de nueva construcción se utilizan materiales aislantes, como son la lana mineral o el poliestireno expandido. En cuanto a los huecos, se usan cristales con doble apantallamiento, y cámara de aire incorporada y los marcos tienen rotura de puente térmico, que es añadir entre las dos caras del marco un material aislante.

2.5 REGULACIONES

Existen numerosos tipos de regulaciones a la hora de la construcción o implementación de los distintos elementos de una casa, para entender en profundidad, como se harán los diferentes cambios de la envolvente de la casa y de la instalación fotovoltaica es necesario describir las regulaciones actuales al respecto.

2.5.1 CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN

El código técnico de edificación es la regulación vigente que se usa en las construcciones tanto nuevas como reformas de construcciones en España. En el se describen todas las regulaciones necesarias para que la vivienda en cuestión se adecue a la normativa vigente.

Dentro del Código técnico de edificación y para los cambios que se quieren proponer en este proyecto nos centraremos en 3 principales documentos el Documento Básico HE de ahorro de energía, específicamente la sección HE1, que trata sobre las condiciones para el control de la demanda energética, también usaremos el documento de apoyo al documento básico DB-HE ahorro de energía para el cálculo de parámetros de la envolvente. Por último, y en la misma utilización que el documento anterior, utilizaremos el catálogo de elementos constructivos del CTE.

Aspectos clave del Documento Básico HE de ahorro de energía sección HE1:[22]

Es necesario antes de empezar a definir los valores límite necesarios para los diferentes elementos de la envolvente térmica, definir la zona climática a la que pertenece la casa.

La siguiente figura incluida en el Anexo B del documento básico HE de ahorro de energía proporciona la información sobre las zonas climáticas:

Tabla a-Anejo B. Zonas climáticas

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																											
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1100 m	1101 - 1150 m	1151 - 1200 m	1201 - 1250 m	1251 - 1300 m	≥ 1301 m	
Albacete	C3										D3										E1							
Alicante/Alacant	B4										C3										D3							
Almería	A4		B4		B3		C3										D3											
Araba/Álava	D1										E1																	
Asturias	C1		D1										E1															
Ávila	D2										D1										E1							
Badajoz	C4										C3		D3															
Balears, Illes	B3				C3																							
Barcelona	C2				D2										D1										E1			
Bizkaia	C1				D2										D1										E1			
Burgos	D1										E1																	
Cáceres	C4										D3										E1							
Cádiz	A3		B3		C3										C2		D2											
Cantabria	C1		D1										E1															
Castellón/Castelló	B3		C3										D3		D2								E1					
Ceuta	B3										D3																	
Ciudad Real	C4										C3		D3															
Córdoba	B4		C4										D3															
Coruña, A	C1		D1										D3															
Cuenca	D3										D2								E1									
Gipuzkoa	D1		E1																									
Girona	C2		D2										E1															
Granada	A4		B4		C4										C3		D3								E1			
Guadalajara	D3										C3		D2								E1							
Huelva	A4		B4		B3		C3										D3											
Huesca	C3				D3		D2										E1											
Jaén	B4				C4										D3								E1					
León	E1																											
Lleida	C3		D3										E1															
Lugo	D1										E1																	
Madrid	C3										D3										D2		E1					
Málaga	A3		B3		C3										D3													
Melilla	A3										D3																	
Murcia	B3		C3										D3															
Navarra	C2		D2		D1										E1													
Ourense	C3				C2		D2										E1											
Palencia	D1										E1																	
Palmas, Las	a3				A2										B2		C2											
Pontevedra	C1		D1																									
Rioja, La	C2		D2										E1															
Salamanca	D2										E1																	
Santa Cruz de Tenerife	a3				A2										B2		C2											
Segovia	D2										E1																	
Sevilla	B4		C4										E1															
Soria	D2										D1		E1															
Tarragona	B3		C3										D3															
Teruel	C3										C2		D2								E1							
Toledo	C4										D3																	
Valencia/València	B3		C3										D2								E1							
Valladolid	D2										E1																	
Zamora	D2										E1																	
Zaragoza	C3		D3										E1															

Figura 2: Zona climática según altitud y provincia. (CTE-HE tabla A anexo B)

Una vez identificado la zona climática a la que pertenece la vivienda en cuestión, se pasará al cálculo de los valores de transmitancia térmica límite en los diferentes elementos de la envolvente térmica, cuyos valores se especifican en la siguiente figura y cuyas unidades son

$$\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]:$$

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

*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de U_H en un 50%.

Figura 3: Valores límites de transmitancia según zona climática y cerramiento. (CTE-HE1 Tabla 3.1.1)

Para el cálculo de los valores de control solar de la envolvente térmica se usará la siguiente figura cuyas unidades son $\left[\frac{kWh}{m^2 \cdot mes}\right]$:

Uso	$Q_{sol,jul}$
Residencial privado	2,00
Otros usos	4,00

Figura 4: Valores límite de control solar en las envolventes térmicas. (CTE HE-1 Tabla 3.1.2)

Para el cálculo de los valores límite de la permeabilidad al aire en los huecos de la envolvente se usará la siguiente figura cuyas unidades son $\left[\frac{m^3}{m^2 \cdot h}\right]$:

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ($Q_{100,lim}$)*	≤ 27	≤ 27	≤ 27	≤ 9	≤ 9	≤ 9

* La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q_{100} .
Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 ($\leq 27 m^3/h \cdot m^2$) y clase 3 ($\leq 9 m^3/h \cdot m^2$) de la UNE-EN 12207:2017.
La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

Figura 5: Valores límite de la permeabilidad al aire en los huecos según la zona climática. (CTE HE-1 Tabla 3.1.3a)

En cuanto al valor de transmitancia límite de las particiones interiores, se usará la siguiente figura cuyas unidades son $[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$:

Tipo de elemento		Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Entre unidades del mismo uso	Particiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
	Particiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00
Entre unidades de distinto uso Entre unidades de uso y zonas comunes	Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Figura 6: Valor de transmitancia límite en las particiones interiores. (CTE HE-1 Tabla 3.2)

En cuanto al documento de apoyo al documento básico DB-HE[23] ahorro de energía se usará para el cálculo total de la transmitancia térmica de los diferentes elementos de la envolvente las siguientes figuras:

Para el cálculo de los elementos en contacto con el exterior se usará la siguiente figura cuyas unidades son $[\frac{m^2 \cdot K}{W}]$:

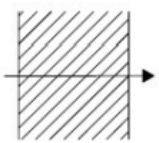
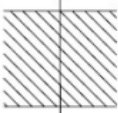
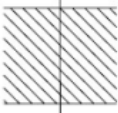
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (suelo)		0,04	0,17

Figura 7: Resistencias interiores y exteriores de elementos en contacto con el exterior. (CTE documento DA DB-HE/1)

Para el cálculo de los elementos interiores se usará la siguiente figura cuyas unidades son

$$\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]:$$

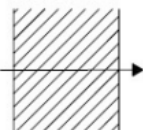
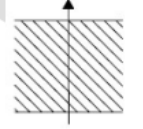
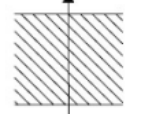
Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,17	0,17

Figura 8: Resistencias interiores y exteriores de elementos interiores. (CTE documento DA DB-HE/1)

Por último, el catálogo de elementos constructivos nos servirá para elegir los materiales que usaremos en la construcción de la vivienda, en él vienen los datos de todos los materiales, referentes a densidad (ρ) en $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$, conductividad termica (λ) en $\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$, factor de difusión del vapor de agua (μ) adimensional y el calor específico (C_p) en $\left[\frac{J}{kg \cdot K}\right]$.

Para el cálculo del caudal mínimo de renovaciones en en la vivienda se usará la siguiente tabla del documento CTE-HS3[24]:

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 9: Valores para el cálculo del caudal mínimo de renovación de la vivienda. (CTE-HS3 Tabla 2.1)

Se usará la herramienta de HULC Líder-Calener, que ya tiene incorporada todos estos documentos para la elaboración de un informe energético.

2.5.2 REGULACIONES DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

La normativa vigente en España a mayo de 2025 sobre la regulación de instalaciones fotovoltaicas en edificios residenciales viene recogida en el Real Decreto 244/2019[25], en este documento, se regulan las condiciones técnicas y económicas del autoconsumo de energía, dependiendo del tipo de autoconsumo que se tenga. En este documento también se deroga la ley conocida como el “impuesto al sol”, en esta ley se hacia un cargo a los propietarios por la energía que auto consumían.

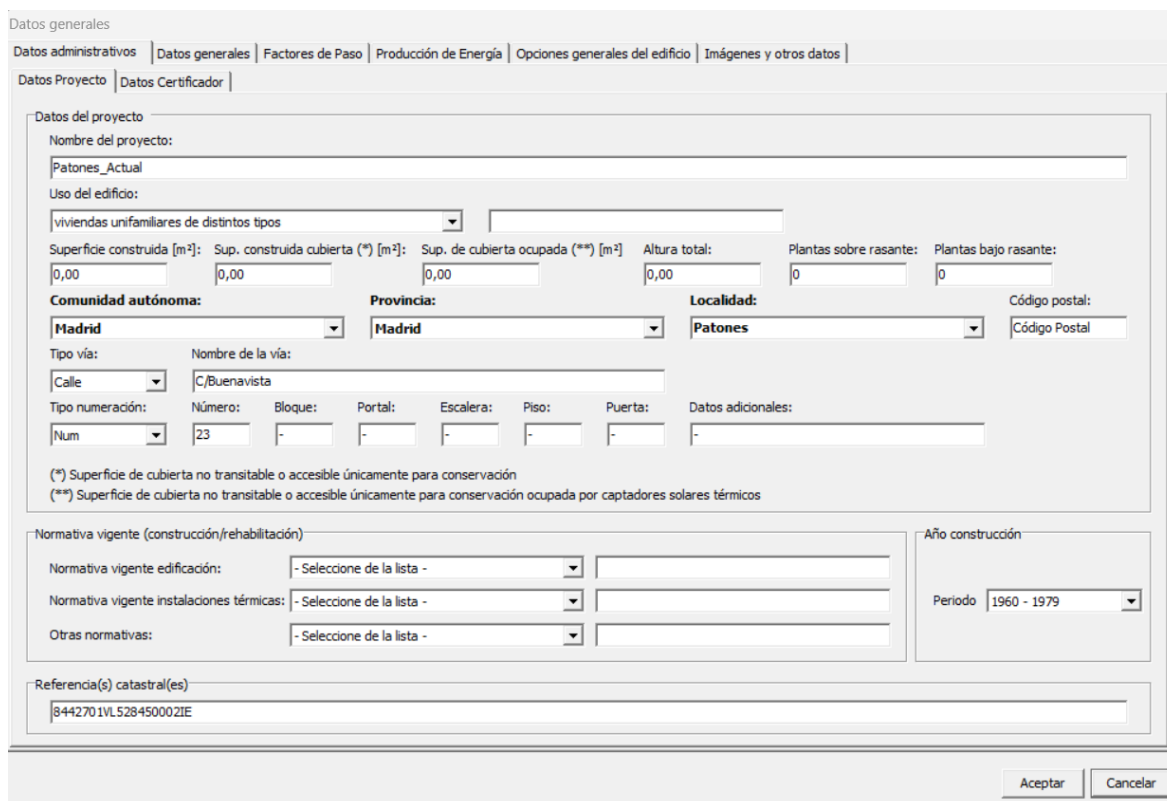
Existen ayudas y subvenciones sobre instalaciones fotovoltaicas en España, aunque desde 2023 ya no se aplican los fondos next generation de la unión europea. Aun así, existen bonificaciones para la instalación de placas solares en 2025, estas son una bonificación en el IBI, bonificación del ICIO (Impuesto de Construcciones, Instalaciones y Obras) que puede ser del 95%. Por último, la deducción del IRPF, dependiendo de la reducción en la demanda de calefacción y refrigeración en el Certificado de eficiencia energética.[26]

2.6 APLICACIONES UTILIZADAS

2.6.1 HULC (HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER-CALENER)

HULC cuyas siglas significan Herramienta Unificada Lider Calener, es una aplicación desarrollada por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) y el MITMA (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana). Esta aplicación ayuda a verificar el cumplimiento del CTE, y está incluida en ellas dos herramientas (Limitación de la Demanda Energética) y (Calificación Energética de Edificios). Que permiten saber si un edificio cumple con los requisitos de demanda energética y consumo anual.

Al abrir la aplicación de HULC y crear un nuevo proyecto, nos aparece una pestaña en la que nos pide la información del edificio, aquí es dónde hay que rellenar los datos administrativos y generales de la vivienda.



Datos generales

Datos administrativos | Datos generales | Factores de Paso | Producción de Energía | Opciones generales del edificio | Imágenes y otros datos

Datos Proyecto | Datos Certificador

Datos del proyecto

Nombre del proyecto:
Patones_Actual

Uso del edificio:
viviendas unifamiliares de distintos tipos

Superficie construida [m²]: 0,00 Sup. construida cubierta (*) [m²]: 0,00 Sup. de cubierta ocupada (**) [m²]: 0,00 Altura total: 0,00 Plantas sobre rasante: 0 Plantas bajo rasante: 0

Comunidad autónoma: Madrid Provincia: Madrid Localidad: Patones Código postal: Código Postal

Tipo vía: Calle Nombre de la vía: C/Buenavista

Tipo numeración: Num Número: 23 Bloque: - Portal: - Escalera: - Piso: - Puerta: - Datos adicionales: -

(*) Superficie de cubierta no transitable o accesible únicamente para conservación
(**) Superficie de cubierta no transitable o accesible únicamente para conservación ocupada por captadores solares térmicos

Normativa vigente (construcción/rehabilitación)

Normativa vigente edificación: - Seleccione de la lista -
Normativa vigente instalaciones térmicas: - Seleccione de la lista -
Otras normativas: - Seleccione de la lista -

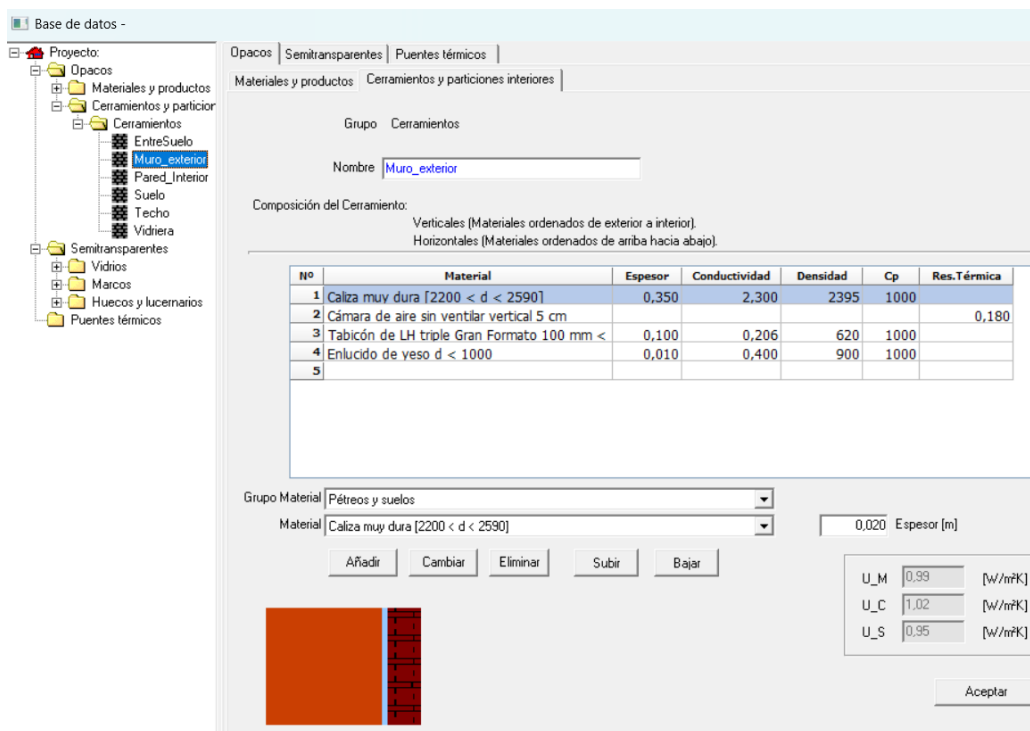
Año construcción
Periodo: 1960 - 1979

Referencia(s) catastral(es)
8442701VL528450002IE

Aceptar Cancelar

Figura 10: Pestaña de datos administrativos. (HULC)

Lo siguiente para continuar con la evaluación del proyecto en la aplicación, es clicar en el icono del lápiz, aquí es dónde nos permitirá el programa crear un modelo 3D de nuestro edificio. Antes de la creación del edificio se le dará al botón que aparece con forma de muro, aquí, se podrán crear los cerramientos que pertenecen a la envolvente del edificio, ya sean techos, paredes interiores, muros exteriores, suelos, huecos etc. En la aplicación ya vienen definidos numerosos materiales de construcción con los datos del CTE, aunque se pueden añadir más materiales si se conocen los datos del proveedor.



Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Caliza muy dura [2200 < d < 2590]	0,350	2,300	2395	1000	
2	Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm					0,180
3	Tabicón de LH triple Gran Formato 100 mm <	0,100	0,206	620	1000	
4	Enlucido de yeso d < 1000	0,010	0,400	900	1000	
5						

U_M 0,99 [W/m²K]
U_C 1,02 [W/m²K]
U_S 0,95 [W/m²K]

Figura 11: Pestaña de creación de cerramientos. (HULC)

Una vez creados todos los cerramientos del edificio, se procede con la construcción de la misma planta por planta, se puede tanto dibujar por coordenadas la planta del edificio como importar los planos de otras aplicaciones como AUTOCAD.

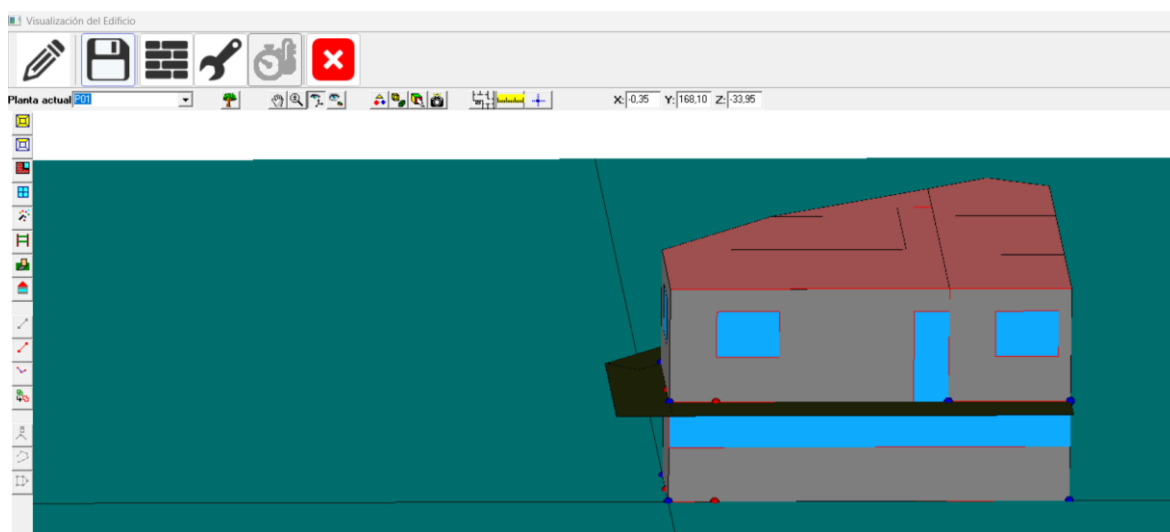


Figura 12: Visualización del edificio. (HULC)

En el icono de la llave inglesa, es donde se pueden seleccionar los tipos de cerramientos que corresponden a cada elemento de la envolvente del sistema, aquí también se podrá poner la orientación del edificio.

Opciones

Espacio de trabajo Cerramientos y particiones interiores predeterminados

Muros de fachada. Verticales y rectangulares.

Composición tipo "muro" **Muro exterior**

Hueco

Composición tipo "hueco" **Ventana individual**

Altura del hueco **1,00** m

Anchura del hueco **0,68** m

Posición Y respecto al suelo **1,00** m

Retranqueo **0,00** m

Protección solar ...

Cerramiento horizontal en contacto con el aire exterior

Cubiertas planas o suelos en contacto con el exterior.

Composición tipo "cerramiento horizontal" **Techo**

Cerramiento o partición interior geoméricamente singular.

Cubiertas inclinadas, hastiales, fachadas o particiones interiores inclinadas, etc.

Composición tipo "cerramiento singular" **Techo**

Medianería

Composición tipo "medianería"

Suelo en contacto con el terreno

Composición tipo "suelo en contacto con el terreno" **Suelo**

☐ Aislamiento perimetral

D **0,0** m

Ra **0,0** m²/W

Muro en contacto con el terreno

Composición tipo "muro en contacto con el terreno" **Muro exterior**

Partición interior horizontal

Composición tipo "partición interior horizontal" **EntreSuelo**

Partición interior vertical

Composición tipo "partición interior vertical" **Pared Interior**

Aceptar Cancelar

Figura 13: Descripción de los elementos de la envolvente. (HULC)

Una vez terminado de visualizar el edificio, le daremos al botón de una x roja, y ahora se podrá acceder al botón CTE HE-1 que permite comprobar la regulación los aislamientos y permeabilidades al aire del edificio entre otros.

El botón de VYP, sirve para calcular la eficiencia energética del inmueble, en este apartado, igual que con el caso de la creación de los cerramientos, habrá que incluir todos los sistemas que tiene la vivienda incorporados.

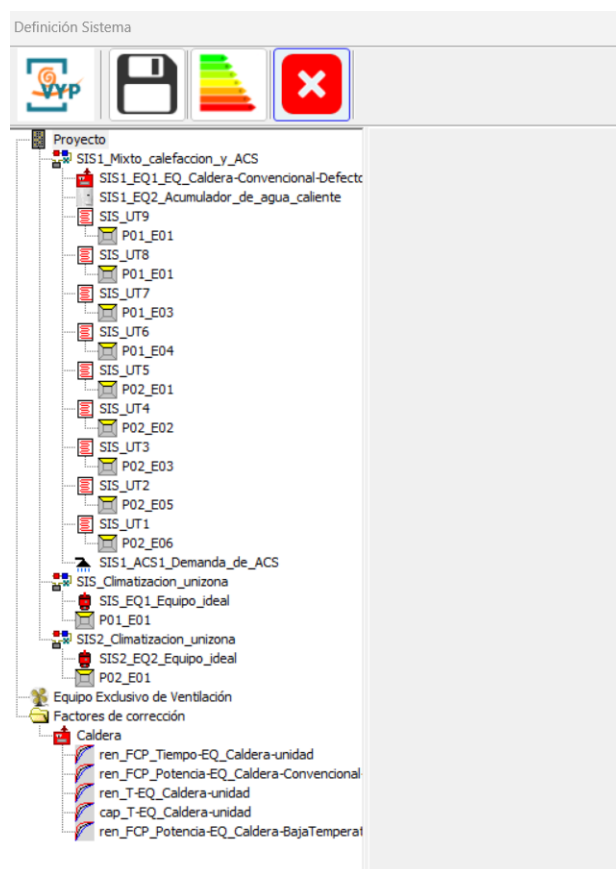


Figura 14; Descripción de los elementos de climatización del sistema. (HULC)

Finalmente cliquemos el botón entre medias del guardado y la equis roja, para calcular la eficiencia energética del edificio, una vez terminado el calculo, podremos cerrar este apartado ya que la aplicación nos dirá que el informe ya ha sido completado.

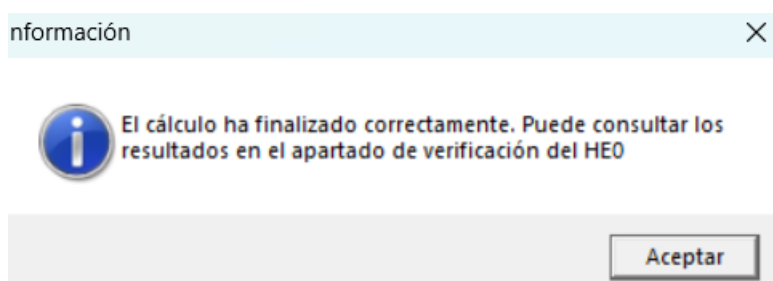


Figura 15: Mensaje de finalización del cálculo de resultados. (HULC)

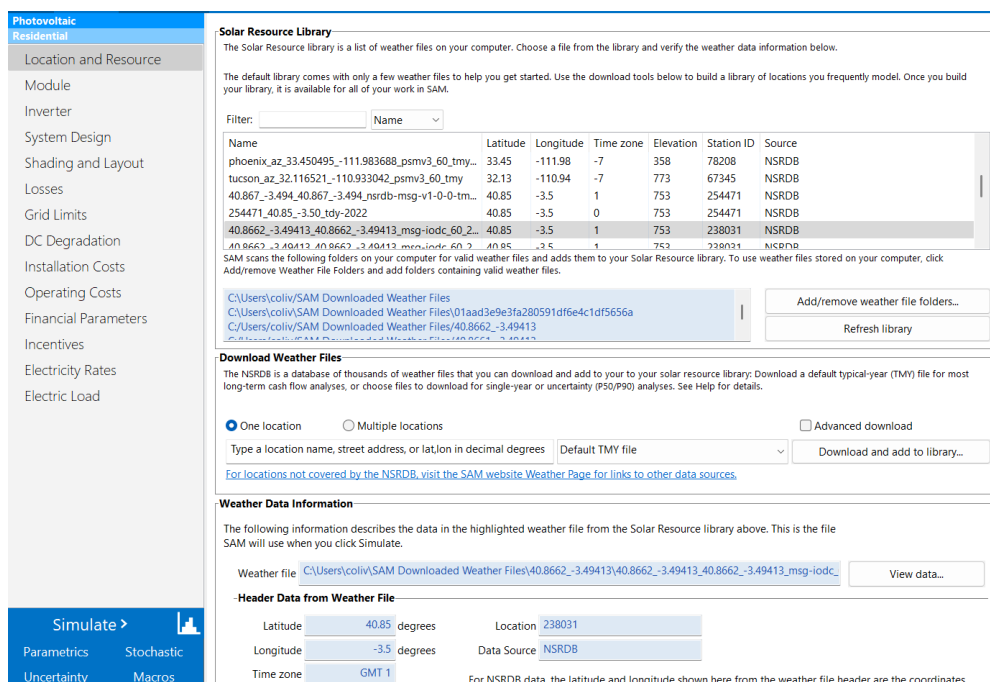
Una vez terminado, podremos darle al botón de CTE HE-0 para ver el estado de nuestra vivienda en relación con la normativa y podremos descargar un PDF en el que se nos indica la verificación del inmueble y el informe de eficiencia energética del mismo.

2.6.2 SAM (SYSTEM ADVISOR MODEL)

La aplicación SAM, es una herramienta creada por NREL junto con el departamento de energía del gobierno de los Estados Unidos, en esta aplicación se permite modelar diferentes energías renovables de generación eléctrica, aquí también se le pueden aportar datos de consumos y se puede calcular la viabilidad económica de los proyectos ya que ofrece herramientas financieras avanzadas.

Para este proyecto nos centraremos en la creación de una instalación fotovoltaica por lo que crearemos un nuevo proyecto de sistema de PV, residencial puesto que se trata de una vivienda.

Una vez seleccionada la tecnología que vamos a utilizar, lo primero que tendremos que definirle al sistema es la localización de la vivienda, en la pestaña Location and Resources.



Photovoltaic Residential

Location and Resource

Module
Inverter
System Design
Shading and Layout
Losses
Grid Limits
DC Degradation
Installation Costs
Operating Costs
Financial Parameters
Incentives
Electricity Rates
Electric Load

Solar Resource Library

The Solar Resource library is a list of weather files on your computer. Choose a file from the library and verify the weather data information below.

The default library comes with only a few weather files to help you get started. Use the download tools below to build a library of locations you frequently model. Once you build your library, it is available for all of your work in SAM.

Filter: Name

Name	Latitude	Longitude	Time zone	Elevation	Station ID	Source
phoenix_az_33.450495_-111.983688_psmv3_60_tmy...	33.45	-111.98	-7	358	78208	NSRDB
tucson_az_32.116521_-110.933042_psmv3_60_tmy...	32.13	-110.94	-7	773	67345	NSRDB
40.867_-3.494_40.867_-3.494_nsrdb-msg-v1-0-0-tm...	40.85	-3.5	1	753	254471	NSRDB
254471_40.85_-3.50_tdy-2022	40.85	-3.5	0	753	254471	NSRDB
40.8662_-3.49413_40.8662_-3.49413_msg-iodc_60_2...	40.85	-3.5	1	753	238031	NSRDB

SAM scans the following folders on your computer for valid weather files and adds them to your Solar Resource library. To use weather files stored on your computer, click Add/remove Weather File Folders and add folders containing valid weather files.

C:\Users\coliv\SAM Downloaded Weather Files
C:\Users\coliv\SAM Downloaded Weather Files\01aad3e9e3fa280591df6e4c1df5656a
C:\Users\coliv\SAM Downloaded Weather Files\40.8662_-3.49413

Add/remove weather file folders...
Refresh library

Download Weather Files

The NSRDB is a database of thousands of weather files that you can download and add to your solar resource library. Download a default typical-year (TMY) file for most long-term cash flow analyses, or choose files to download for single-year or uncertainty (P50/P90) analyses. See Help for details.

☒ One location ☐ Multiple locations ☐ Advanced download

Type a location name, street address, or lat/lon in decimal degrees Default TMY file Download and add to library...

[For locations not covered by the NSRDB, visit the SAM website Weather Page for links to other data sources.](#)

Weather Data Information

The following information describes the data in the highlighted weather file from the Solar Resource library above. This is the file SAM will use when you click Simulate.

Weather file C:\Users\coliv\SAM Downloaded Weather Files\40.8662_-3.49413\40.8662_-3.49413_msg-iodc_...

Header Data from Weather File

Latitude	40.85 degrees	Location	238031
Longitude	-3.5 degrees	Data Source	NSRDB
Time zone	GMT 1		

For NSRDB data, the latitude and longitude shown here from the weather file header are the coordinates

Simulate >
Parametrics Stochastic
Uncertainty Macros

Figura 16: Pestaña de descripción de localización. (SAM)

Una vez aportado los datos de localización de la casa, tendremos que poner los datos del modulo de panel solar que se usara en la vivienda, de nuevo, como ocurría con HULC, la aplicación te ofrece una gran cantidad de paneles solares del mercado, aun que se pueden añadir más si ya se ha elegido un panel solar con anterioridad de un proveedor determinado.

Photovoltaic
Residential
Location and Resource
Module
Inverter
System Design
Shading and Layout
Losses
Grid Limits
DC Degradation
Installation Costs
Operating Costs
Financial Parameters
Incentives
Electricity Rates
Electric Load

CEC Performance Model with User Entered Specifications ▼

Module Parameters

Module name JA SOLAR JAM 66D46-710/LB

Cell type monoSi ▼

Maximum power point voltage (Vmp) 40.8 V

Maximum power point current (Imp) 17.4 A

Open circuit voltage (Voc) 48.6 V

Short circuit current (Isc) 18.51 A

Temperature coefficient of Voc -0.25 %/°C ▼

Temperature coefficient of Isc 0.045 %/°C ▼

Temperature coefficient of max. power point -0.29 %/°C

Number of cells in series 66

Nominal operating cell temperature 45 °C

Module Dimensions

Module area 3.106 m²

Module width 1.303 m

Module aspect ratio 1.830

Module length 2.384 m

Reference bandgap voltage Eg_ref = 1.121 eV. Temp coeff for bandgap = -0.0002677 eV/K.

Copy specifications from currently selected module in CEC database

Bifacial

☒ Module is bifacial

Transmission fraction 0.1 0-1

Bifaciality 0.8 0-1

Ground clearance height 1.7 m

Figura 17: Pestaña de descripción de paneles solares. (SAM)

Del mismo modo, elegiremos el inversor que queramos, de nuevo aquí vuelven a tener una gran cantidad de inversores del mercado, pero el programa te permite añadir más con los datos de la ficha técnica del aparato.

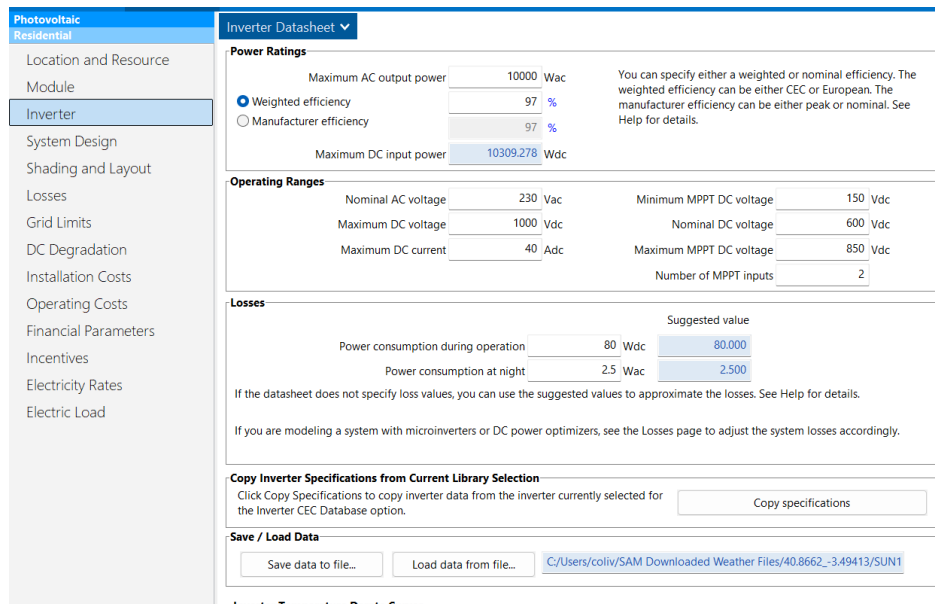


Figura 18: Pestaña de descripción de inversor. (SAM)

Una vez elegidos el inversor y el panel solar, se modelará el diseño del sistema total de la instalación, aquí se pondrán el numero de subarrays que tiene el sistema, el numero de inversores, la orientación de los paneles etc.

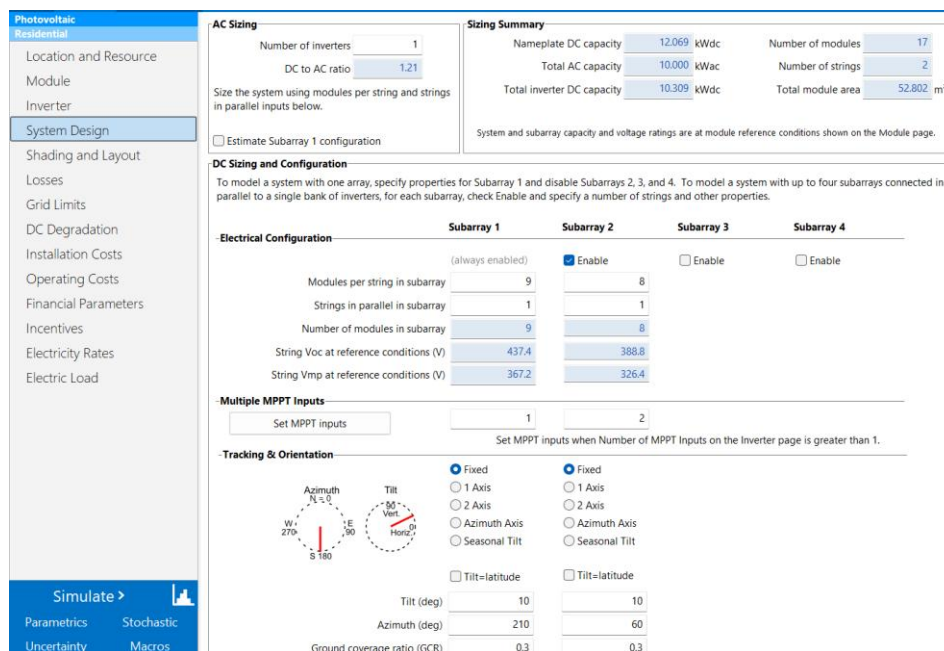
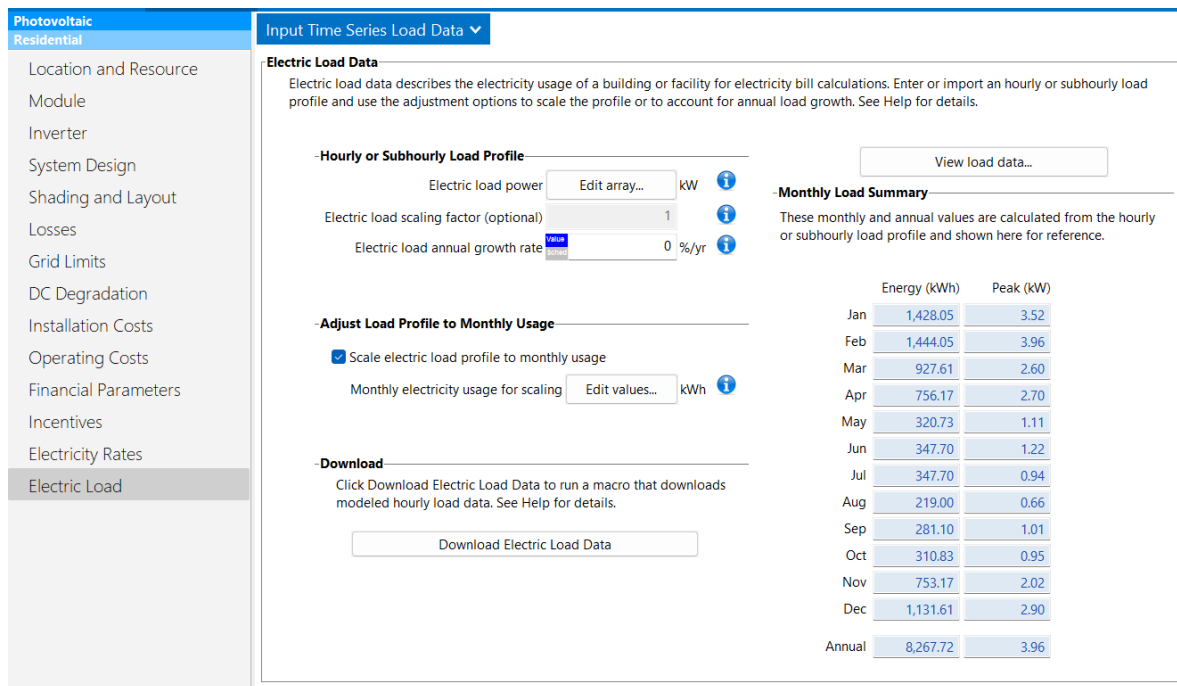


Figura 19: Pestaña de diseño del sistema. (SAM)

Los siguientes apartados, son de introducir al sistema distintas variables que pueden afectar a la producción total de energía por parte de los paneles, como cualquier tipo de sombra o las pérdidas en corriente continua que tienen los cables.

El resto de los otros apartados sirven para calcular los parámetros financieros del sistema, aunque no se tendrán en cuenta en este proyecto puesto que la viabilidad económica se hará con Excel.

Por último, y antes de simular, introduciremos los datos de consumos en Electric Load, para que el programa nos calcule por meses cuanta cantidad de energía hemos generado y si cubrimos la demanda total de la vivienda o no.



Photovoltaic Residential

- Location and Resource
- Module
- Inverter
- System Design
- Shading and Layout
- Losses
- Grid Limits
- DC Degradation
- Installation Costs
- Operating Costs
- Financial Parameters
- Incentives
- Electricity Rates
- Electric Load**

Input Time Series Load Data

Electric Load Data
Electric load data describes the electricity usage of a building or facility for electricity bill calculations. Enter or import an hourly or subhourly load profile and use the adjustment options to scale the profile or to account for annual load growth. See Help for details.

-Hourly or Subhourly Load Profile-

Electric load power kW ⓘ

Electric load scaling factor (optional) ⓘ

Electric load annual growth rate %/yr ⓘ

-Adjust Load Profile to Monthly Usage-

☒ Scale electric load profile to monthly usage

Monthly electricity usage for scaling kWh ⓘ

-Download-
Click Download Electric Load Data to run a macro that downloads modeled hourly load data. See Help for details.

-Monthly Load Summary-
These monthly and annual values are calculated from the hourly or subhourly load profile and shown here for reference.

	Energy (kWh)	Peak (kW)
Jan	1,428.05	3.52
Feb	1,444.05	3.96
Mar	927.61	2.60
Apr	756.17	2.70
May	320.73	1.11
Jun	347.70	1.22
Jul	347.70	0.94
Aug	219.00	0.66
Sep	281.10	1.01
Oct	310.83	0.95
Nov	753.17	2.02
Dec	1,131.61	2.90
Annual	8,267.72	3.96

Figura 20: Pestaña de energía consumida por el sistema. (SAM)

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Este proyecto nace de la necesidad de mejorar las instalaciones de una vivienda existente y mejorar la eficiencia energética del inmueble, a la vez que conseguir la viabilidad del proyecto gracias a la reducción en la energía utilizada con la construcción de una instalación fotovoltaica.

Existen numerosos trabajos de esta y otras universidades en los que se busca el mismo objetivo y en la mayoría se utiliza una instalación fotovoltaica que permite rentabilizar la inversión inicial a la vez que mejorar la eficiencia energética de los inmuebles que se analizan.

En cuanto a las instalaciones fotovoltaicas, en los trabajos se busca estar adherido a una compensación con excedentes ya que los tamaños de los proyectos similares a este tienen un tamaño inferior a los 100 kW de potencia instalada, que serían los que permitirían no acogerse a la compensación con excedentes y vender la energía en el mercado mayorista. En estos trabajos, destacan los tipos de inversores, las diferentes tecnologías de placas solares que existen y las diferentes estructuras y cableados necesarios para poder proceder a la instalación fotovoltaica, (entre paneles solares, entre los paneles solares y el inversor, entre el inversor y la red y las puestas a tierra). [27], [28], [29]

En cuanto a las soluciones para el cumplimiento de las normativas de construcción vigente lo usual es la adición de aislamientos en las superficies que conforman la envolvente térmica, estas pueden situarse por fuera de los muros ya existentes, o, si no existe limitación de espacios, suelen colocarse por las zonas interiores de las viviendas. En las soluciones más típicas cabe destacar la incorporación también de ventanas con un mejor aislamiento térmico y buscar en la medida de lo posible reducir los puentes térmicos. [30]

En este trabajo se buscará reunir todas estas tecnologías para mejorar enormemente la eficiencia energética de la vivienda a la vez que buscar que el proyecto sea viable. A las

tecnologías anteriormente mencionadas, en este trabajo, además se buscará sustituir los actuales sistemas de climatización por otros más eficientes y no dependientes de combustibles fósiles.

Capítulo 4. ESTADO ACTUAL DE LA VIVIENDA

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

La vivienda fue construida en 1978, y no se le ha realizado ninguna reforma desde su creación, por lo que cuenta con los mismos elementos constructivos desde su edificación en 1978.

4.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

La vivienda se sitúa en la localidad madrileña de patones, más concretamente en Patones de Arriba, es un municipio de la comunidad que se encuentra situado a una altura de 832 m sobre el nivel del mar, esto hace que se le asigne una zona climática D3 según la figura 2.

Sabiendo la zona climática a la que pertenece la vivienda podemos asignar los valores límites que deberemos calcular para cumplir la normativa, estos son los siguientes:

- Según la figura 3, el valor límite de transmitancia térmica de los Muros y Suelos, en contacto con el exterior es de $0,41[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$.
- Según la figura 3, el valor límite de transmitancia térmica de las cubiertas en contacto con el exterior es de $0,35[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$.
- Según la figura 3, el valor límite de transmitancia térmica de los huecos es de $1,80[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$.
- Según la figura 3, el valor límite de transmitancia térmica de las puertas con superficie transparente igual o inferior al 50% es de $5,70[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$.
- Según la figura 4 el valor límite del parámetro del control solar para uso residencial privado es de $2,00[\frac{kWh}{m^2 \cdot mes}]$.

- Según la figura 5, el valor límite de la permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica es de $\leq 9,00[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$.
- Según la figura 6 el valor límite de transmitancia térmica de las particiones interiores tanto horizontales como verticales es de $1,20[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$.

4.1.2 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA

La vivienda esta constituida en dos plantas, tiene una orientación Noroeste (60° con respecto al Norte), la casa está constituida por 7 compartimentos en el piso superior, 1 salón, 3 habitaciones, 1 cocina, 1 baño y 1 pasillo y por 4 compartimentos en el piso inferior, 1 salón, 1 baño, 1 habitación y 1 pasillo. El techo está construido con una caída de dos aguas y tiene un ángulo de 10°, en él se encuentran también la salida de las chimeneas las cuales están situadas en los salones de ambos pisos. La planta superior tiene una altura de 2,50 m mientras que a la planta inferior tiene una altura de 2,30 m.

Los cerramientos de la vivienda están formados por siguientes materiales y espesores:

- Techo: tiene un área en planta de 62,71 m², y está construido por las siguientes capas; Una capa de tejas de arcilla cocida de 2 cm de espesor, una capa de hormigón armado de 5 cm de espesor, una capa de bovedilla de 20 cm de espesor, una capa de placa de escayola de 50 cm de espesor medio.
- Muros exteriores: tiene áreas distintas dependiendo de la planta, la planta superior tiene un área en contacto con el exterior de 80,33 m², mientras que la planta inferior tiene un área en contacto con el exterior de 69,05 m². Ambos muros, tanto el de la planta superior como el de la inferior están formados por una capa de piedra caliza de espesor 35 cm de espesor, una cámara de aire de 5 cm de espesor una capa de Ladrillo de Gran Formato de 10 cm de espesor y una capa de enlucido de yeso de 1 cm de espesor.
- Suelo: Tiene un área en planta de 62,71 m², está construido por las siguientes capas, una capa de terrazo de 3 cm de espesor, una capa de mortero de cemento de 2 cm de

espesor, una capa de hormigón armado de 10 cm de espesor un relleno de grava y arena de 50 cm de espesor.

- El entresuelo divide las dos plantas de la casa, tiene un área en plante de 62,71 m², y está compuesto por las siguientes capas, una capa de terrazo de 3 cm de espesor, una capa de mortero de cemento de 2 cm de espesor, una capa de bovedilla de 20 cm de espesor, una capa de hormigón armado de 5 cm de espesor y una capa de enlucido de yeso de 1 cm de espesor.
- Los Muros Interiores, dividen las partes internas de los compartimentos y están formadas por una capa de 1 cm de espesor de enlucido de yeso, una capa de 5 cm de ladrillo hueco y una capa de 1 cm de espesor de enlucido de yeso
- En la planta inferior, existe también una pared que está dividida por 1 m de vidriera y 1,20 m de muro, en esta pared, la vidriera tiene un espesor de 5 cm de vidrio sodocalcico.
- Las ventanas de la vivienda están formadas por ventanas de 75x100 cm, en el que el vidrio es sencillo y el marco es metálico
- La puerta de entrada de la casa está construida de acero inoxidable y tienen unas dimensiones de 205x86,50 cm
- Las puertas de la cocina y del muro con la vidriera tienen una dimensión de 200x80 cm y están construidas por un marco metálico con un interior de vidrio sencillo.

4.1.3 PLANOS

Para la elaboración de los planos que he utilizado en el proyecto, me he basado en los planos de un equipo de arquitectos, las medidas que ellos han puesto en cada vivienda no es exactamente la que, utilizado, ya que imprimí los planos y medí sobre ellos para posteriormente crear una simplificación de estos en AutoCAD y poder utilizarlos posteriormente en la herramienta HULC, para el cálculo de la eficiencia energética de la casa.

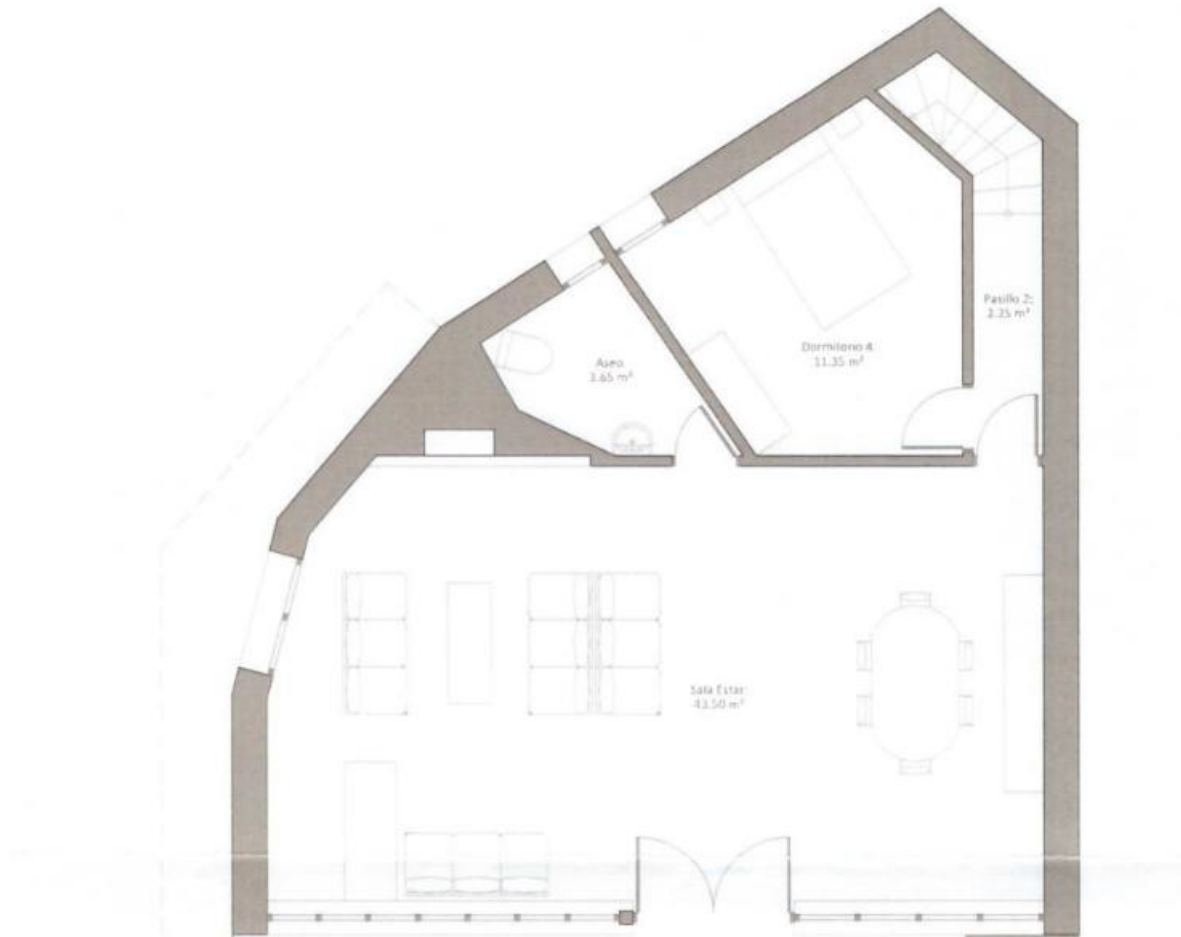


Figura 21: Plano de la planta inferior de la vivienda. (Estudio de Arquitectura-Urbanismo2)

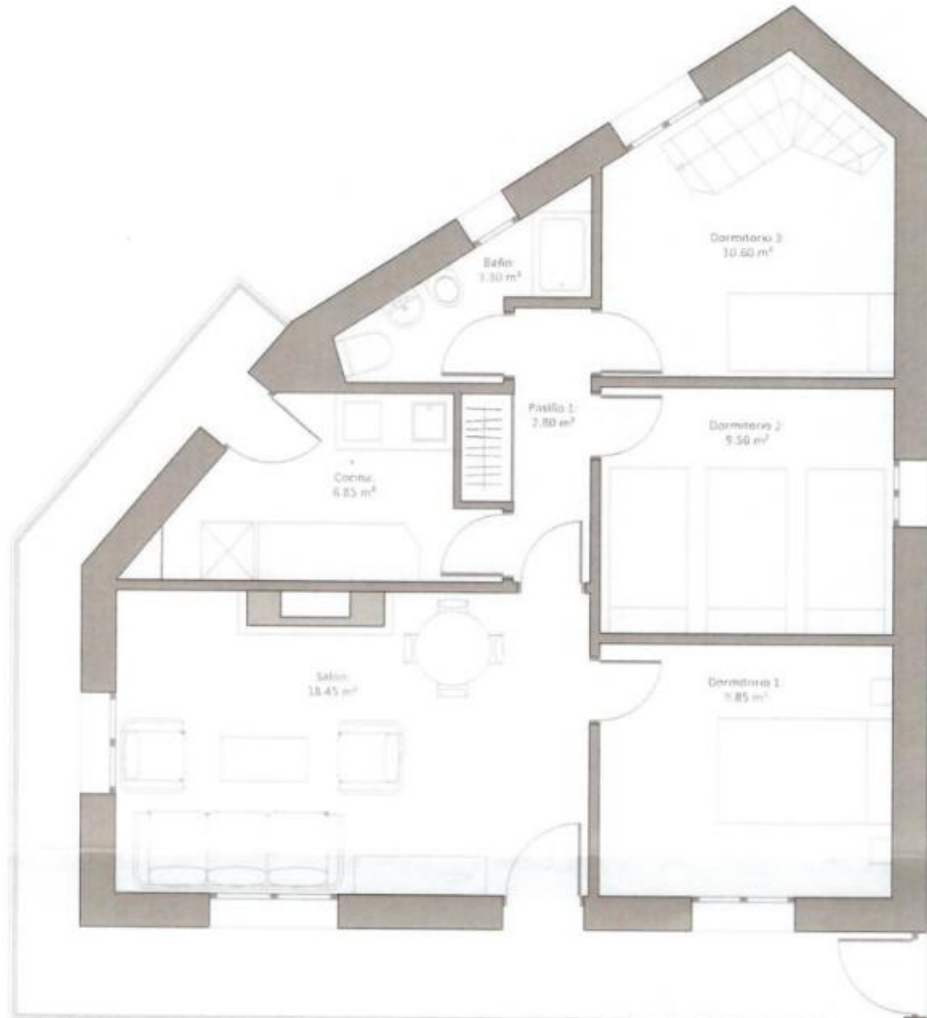


Figura 22: Plano de la planta superior de la vivienda. (Estudio de Arquitectura-Urbanismo2)



Figura 23: Planta inferior de la vivienda con Autocad2025. (Elaboración Propia)

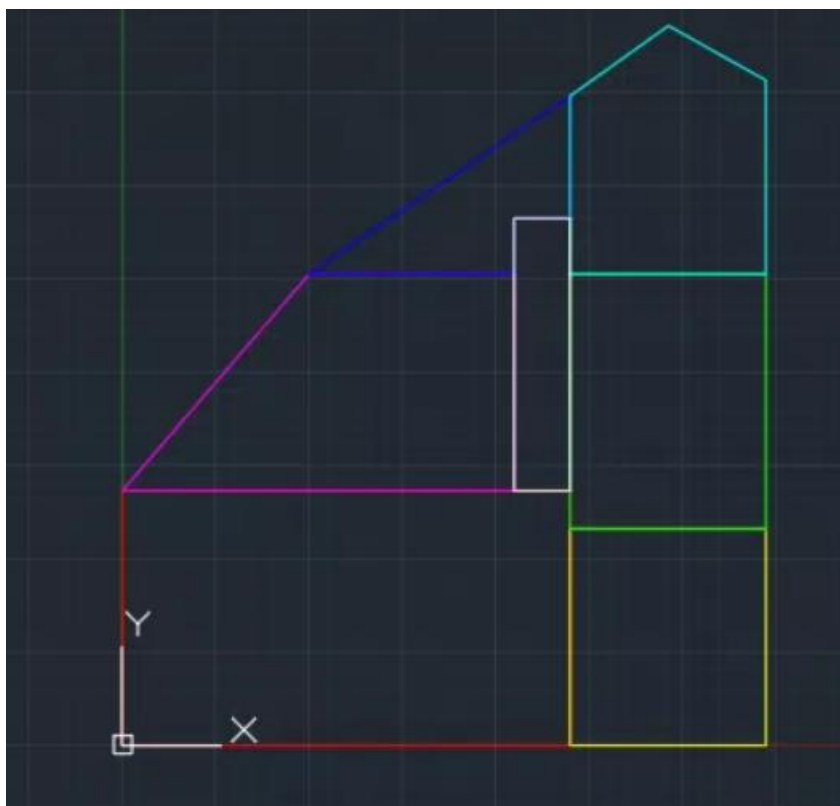


Figura 24: Plano de planta superior de la vivienda con Autocad2025. (Elaboración Propia)

4.1.4 SISTEMAS ACTUALES: CLIMATIZACIÓN, ACS Y AISLAMIENTOS

Actualmente la vivienda cuenta con una caldera de fuel oil de 34,80 kW de potencia de la marca finterm, esta marca fue posteriormente absorbida por la marca ferroli. En el sistema de calefacción la casa también cuenta con 2 chimeneas de leña situadas en los salones de la casa y unos radiadores de la marca BAXI situados en todas las estancias de la casa. En cuanto al ACS, la casa cuenta con un acumulador de 50 L, con serpentín vertical. Por último, no existen aislamientos como tal en la vivienda, aunque los muros exteriores cuentan con una cámara de aire no ventilada de 5 cm.



Figura 25: Placa de características de la caldera de gas. (Elaboración Propia)



Figura 26: Acumulador de 50 L de la marca WELCOME. (Elaboración Propia)

4.2 EVALUACIÓN ENERGÉTICA DEL ESTADO ACTUAL

4.2.1 CÁLCULO DE TRANSMITANCIAS TÉRMICAS

Para realizar el cálculo de las transmitancias térmicas en $[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$ necesitaremos saber tanto el espesor de cada pared como la conductividad térmica del material utilizado, después dividiremos el espesor de la capa entre la conductividad térmica, esto será la resistencia térmica de cada capa R_{ti} , a lo que posteriormente sumaremos las resistencias térmicas superficiales puesto que la herramienta de HULC así lo contempla, la suma de todas las R_{ti} y las resistencias superficiales lo llamaremos Resistencia total. Haciendo el inverso de la resistencia total obtendremos la transmitancia térmica que después podremos comparar con el valor límite.

Cálculo de la transmitancia de los Muros Exteriores:

Resistencia térmica de la capa de piedra caliza:

Espesor = 0,35 m, conductividad térmica = 2,30 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$R_{t_{caliza}} = \frac{0,35}{2,3} = 0,15 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de la cámara de aire de 5 cm sin ventilar:

$$R_{t_{cámara}} = 0,18 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de capa de ladrillo de Gran Formato:

Espesor = 0,10 m, conductividad térmica = 0,206 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$R_{t_{ladrillo}} = \frac{0,1}{0,206} = 0,49 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de capa de yeso:

Espesor = 0,01 m, conductividad térmica = 0,40 [$\frac{W}{m \cdot K}$]

$$Rt_{yeso} = \frac{0,01}{0,4} = 0,03 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Utilizando los datos de la figura 7, obtenemos que la $R_{se} = 0,04$ y que la $R_{si} = 0,13$.

Así $R_{muros_exteriores}$:

Ecuación 6: Resistencia conductiva total de los muros exteriores.

$$\begin{aligned} R_{mur_{ext}} &= \sum Rt_i = Rt_{caliza} + Rt_{cámara} + Rt_{ladrillo} + Rt_{yeso} + R_{se} + R_{si} \\ &= 1,01 \frac{m^2 \cdot K}{W} \end{aligned}$$

Y $U_{muros_exteriores}$:

$$U_{mur_{ext}} = \frac{1}{R_{mur_{ext}}} = 0,99 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Cálculo de la transmitancia del Techo:

Resistencia térmica de la capa de Tejas de arcilla:

Espesor = 0,02 m, conductividad térmica = 1 [$\frac{W}{m \cdot K}$]

$$Rt_{tejas} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de capa de Hormigón armado:

Espesor = 0,05 m, conductividad térmica = 2,50 [$\frac{W}{m \cdot K}$]

$$Rt_{hormigón} = \frac{0,05}{2,5} = 0,02 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de capa de Bovedilla:

Espesor = 0,20 m, conductividad térmica = 0,67 [$\frac{W}{m \cdot K}$]

$$Rt_{bovedilla} = \frac{0,20}{0,67} = 0,30 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de capa de escayola:

Espesor = 0,50 m, conductividad térmica = 0,25 [$\frac{W}{m \cdot K}$]

$$Rt_{escayola} = \frac{0,5}{0,25} = 2,00 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Utilizando los datos de la tabla 7, obtenemos que la $R_{se} = 0,04$ y que la $R_{si} = 0,10$.

Así R_{techo} :

Ecuación 7: Resistencia conductiva total del techo.

$$\begin{aligned} R_{techo} &= \sum Rt_i = Rt_{tejas} + Rt_{hormigón} + Rt_{bovedilla} + Rt_{escayola} + R_{se} + R_{si} \\ &= 2,48 \frac{m^2 \cdot K}{W} \end{aligned}$$

Y U_{techo} :

$$U_{techo} = \frac{1}{R_{techo}} = 0,40 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Cálculo de la transmitancia del Suelo:

Resistencia térmica de la capa de Terrazo:

Espesor = 0,03 m, conductividad térmica = 1,3 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$Rt_{terrazo} = \frac{0,03}{1,3} = 0,02 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de capa de Mortero de cemento:

Espesor = 0,02 m, conductividad térmica = 1 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$Rt_{mortero} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de capa de Hormigón armado:

Espesor = 0,10 m, conductividad térmica = 2,5 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$Rt_{hormigón} = \frac{0,1}{2,5} = 0,04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de capa de arena y grava:

Espesor = 0,50 m, conductividad térmica = 2 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$Rt_{arena} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Utilizando los datos de la tabla (), obtenemos que la $R_{se} = 0,04$ y que la $R_{si} = 0,17$.

Así R_{suelo} :

Ecuación 8: Resistencia conductiva total del suelo.

$$R_{suelo} = \sum R_{t_i} = R_{t_{terrazo}} + R_{t_{hormigón}} + R_{t_{mortero}} + R_{t_{arena}} + R_{se} + R_{si}$$
$$= 0,54 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Y U_{suelo} :

$$U_{suelo} = \frac{1}{R_{suelo}} = 1,84 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Cálculo de la transmitancia de las Paredes interiores:

Resistencia térmica de la capa de yeso:

Espesor = 0,01 m, conductividad térmica = 0,4 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$R_{t_{yeso}} = \frac{0,01}{0,4} = 0,03 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de capa de Ladrillo hueco:

Espesor = 0,05 m, conductividad térmica = 0,445 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$R_{t_{Ladrillo}} = \frac{0,05}{0,445} = 0,11 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Utilizando los datos de la tabla 8, obtenemos que la $R_{se} = 0,13$ y que la $R_{si} = 0,13$.

Así $R_{paredes_interiores}$:

Ecuación 9: Resistencia conductiva total de las paredes interiores.

$$R_{paredes_interiores} = \sum R_{t_i} = 2 \cdot R_{t_{yeso}} + R_{t_{ladrillo}} + R_{se} + R_{si} = 0,42 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Y $U_{paredes_interiores}$:

$$U_{par_{int}} = \frac{1}{R_{par_{int}}} = 2,37 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Cálculo de la transmitancia del Entresuelo:

Resistencia térmica de la capa de Terrazo:

Espesor = 0,03 m, conductividad térmica = 1,3 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$Rt_{terrazo} = \frac{0,03}{1,3} = 0,02 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de capa de Mortero de cemento:

Espesor = 0,02 m, conductividad térmica = 1 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$Rt_{mortero} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de capa de Bovedilla:

Espesor = 0,20 m, conductividad térmica = 0,67 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$Rt_{bovedilla} = \frac{0,2}{0,67} = 0,30 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de capa de Hormigón armado:

Espesor = 0,05 m, conductividad térmica = 2,5 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$Rt_{hormigón} = \frac{0,05}{2,5} = 0,02 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Resistencia térmica de la capa de yeso:

Espesor = 0,01 m, conductividad térmica = 0,4 $[\frac{W}{m \cdot K}]$

$$R_{t_{yeso}} = \frac{0,01}{0,4} = 0,03 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Utilizando los datos de la tabla 8, obtenemos que la $R_{se} = 0,17$ y que la $R_{si} = 0,17$.

Así $R_{entresuelo}$:

Ecuación 10: Resistencia conductiva total del entresuelo.

$$\begin{aligned} R_{entresuelo} &= \sum R_{t_i} \\ &= R_{t_{terrazo}} + R_{t_{hormigón}} + R_{t_{mortero}} + R_{t_{bovedilla}} + R_{t_{yeso}} + R_{se} + R_{si} \\ &= 0,73 \frac{m^2 \cdot K}{W} \end{aligned}$$

Y $U_{entresuelo}$:

$$U_{entresuelo} = \frac{1}{R_{entresuelo}} = 1,38 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

4.2.2 DEMANDA ENERGÉTICA

El cálculo de la demanda energética que requiere la casa es un valor muy difícil de obtener actualmente ya que no existen datos diarios suficientes para hacer una estimación exacta de lo que consume la vivienda. La demanda energética de la casa se divide en 3 grandes aportadores bloques, la energía eléctrica demandada, la energía consumida por la caldera de fuel oil y la energía consumida por las chimeneas.

Para calcular la demanda eléctrica energética mensual, se han cogido los valores pico de la demanda eléctrica en esos meses, ya que se presupone que esos han sido los días de mayor uso de las instalaciones de la casa y pueden arrojar un valor más cercano a lo que sería un

uso asiduo del inmueble. Es por eso por lo que los datos ya extrapolados a cada mes de demanda actual eléctrica son los siguientes:

- Enero: El gasto pico en este mes fue de 20,47 kWh, por lo que mensualmente es equivalente a un gasto de $614 \frac{kWh}{mes}$.
- Febrero: El gasto pico en febrero fue de 21 kWh, por lo que mensualmente es equivalente a un gasto de $630 \frac{kWh}{mes}$.
- Marzo: El gasto pico en febrero fue de 12,50 kWh, por lo que mensualmente es equivalente a un gasto de $375 \frac{kWh}{mes}$.
- Abril: El gasto pico en febrero fue de 15,50 kWh, por lo que mensualmente es equivalente a un gasto de $465 \frac{kWh}{mes}$.
- Mayo: El gasto pico en febrero fue de 9,70 kWh, por lo que mensualmente es equivalente a un gasto de $291 \frac{kWh}{mes}$.
- Junio: El gasto pico en febrero fue de 11,59 kWh, por lo que mensualmente es equivalente a un gasto de $347,7 \frac{kWh}{mes}$.
- Julio: El gasto pico en febrero fue de 11,59 kWh, por lo que mensualmente es equivalente a un gasto de $347,7 \frac{kWh}{mes}$.
- Agosto: El gasto pico en febrero fue de 7,30 kWh, por lo que mensualmente es equivalente a un gasto de $219 \frac{kWh}{mes}$.
- Septiembre: El gasto pico en febrero fue de 9,37 kWh, por lo que mensualmente es equivalente a un gasto de $281,1 \frac{kWh}{mes}$.
- Octubre: El gasto pico en febrero fue de 9,37 kWh, por lo que mensualmente es equivalente a un gasto de $281,1 \frac{kWh}{mes}$.
- Noviembre: El gasto pico en febrero fue de 14,80 kWh, por lo que mensualmente es equivalente a un gasto de $444 \frac{kWh}{mes}$.

- Diciembre: El gasto pico en febrero fue de 19,30 kWh, por lo que mensualmente es equivalente a un gasto de $579 \frac{kWh}{mes}$.

En cuanto al uso de leña se gastarían unos 200 kg de leña de encina al año usada entre los meses de octubre a mayo. Sabiendo que el poder calorífico de este tipo de leña es de $4.548 \frac{kcal}{kg}$, [31] y sabiendo que 1 kWh son 860,42 kcal, sabiendo que los rendimientos de las chimeneas abiertas suelen oscilar entre un 15-30%, y cogiendo el valor medio de de 22.5%[32]:

La energía anual que se necesita es de:

Ecuación 11: Cálculo de energía anual de la chimenea.

$$Energía_{anual\ chimenea} = \frac{0,225 \cdot 4548 \cdot 200}{860,421} = 237,86 \frac{kWh}{año}$$

La energía mensual media es de:

$$Energía_{mesual\ chimenea} = \frac{Energía_{anual\ chimenea}}{8} = 29,73 \frac{kWh}{mes}$$

Finalmente, a la caldera de fuel oil consume $300 \frac{L}{año}$, pero esta caldera solo es utilizada en los meses desde noviembre hasta abril, debido a que son los meses que se enciende la caldera, los meses de uso de la caldera es distinto, asumiendo que la utilización por meses de la caldera es similar en los meses de enero y febrero, marzo y diciembre, y abril y noviembre, tenemos 3 pares de meses claramente diferenciados en el uso de la caldera. En el primero, el uso es de 75 L mensuales, en el segundo es de 50 L mensuales y en el último es de 25 L mensuales. Sabiendo que el rendimiento de la caldera es 91,1% y el poder calorífico del fuel oil que es $43,5 \frac{MJ}{kg}$ y una densidad de $0,95 \frac{g}{cm^3}$. [33] Entonces se puede calcular el gasto de esos meses en energía.

Energía aportada por la caldera de fuel oil los meses de enero y febrero:

Ecuación 12: Energía caldera de fuel oil en enero y febrero.

$$\begin{aligned} \text{Energía}_{\text{mensual Enero y febrero}} &= \frac{75 \left[\frac{L}{\text{mes}} \right] \cdot 0,91 \cdot 43,50 \left[\frac{MJ}{kg} \right] \cdot 0,95 \left[\frac{kg}{L} \right]}{3,60 \left[\frac{MJ}{kWh} \right]} \\ &= 784,31 \frac{kWh}{\text{mes}} \end{aligned}$$

Energía aportada por la caldera de fuel oil los meses de marzo y diciembre:

Ecuación 13: Energía caldera de fuel oil marzo y diciembre

$$\begin{aligned} \text{Energía}_{\text{mensual marzo y diciembre}} &= \frac{50 \left[\frac{L}{\text{mes}} \right] \cdot 0,91 \cdot 43,50 \left[\frac{MJ}{kg} \right] \cdot 0,95 \left[\frac{kg}{L} \right]}{3,60 \left[\frac{MJ}{kWh} \right]} \\ &= 522,88 \frac{kWh}{\text{mes}} \end{aligned}$$

Energía aportada por la caldera de fuel oil los meses de abril y noviembre:

Ecuación 14: Energía caldera de fuel oil abril y noviembre.

$$\begin{aligned} \text{Energía}_{\text{mensual abril y noviembre}} &= \frac{25 \left[\frac{L}{\text{mes}} \right] \cdot 0,91 \cdot 43,50 \left[\frac{MJ}{kg} \right] \cdot 0,95 \left[\frac{kg}{L} \right]}{3,60 \left[\frac{MJ}{kWh} \right]} \\ &= 261,44 \frac{kWh}{\text{mes}} \end{aligned}$$

Por lo que, si sumamos las aportaciones de las distintas fuentes de energía, para saber la energía total consumida mensualmente por la casa, esta sería por meses la siguiente:

- Enero: 1.428,05 kWh
- Febrero: 1.444,05 kWh
- Marzo: 927,61 kWh
- Abril: 756,17 kWh

- Mayo: 320,73 kWh
- Junio: 347,70 kWh
- Julio: 347,70 kWh
- Agosto: 219,00 kWh
- Septiembre: 281,10 kWh
- Octubre: 310,83 kWh
- Noviembre: 735,17 kWh
- Diciembre: 1.131,61 kWh

4.2.3 MODELADO EN HULC LÍDER-CALENER

Empezaremos el Modelado en HULC, aportando los datos administrativos y generales del edificio, la altura del municipio de Patones de Arriba es de 832 m y la zona climática es la D3, en este lugar pondremos también la referencia catastral que es:

8442701VL528450002IE

Para el cálculo de la ventilación del edificio utilizaremos los datos en la figura 9, la cual para el número de espacios de la casa nos da un caudal de ventilación mínimo de $73 \frac{L}{s}$ (4 habitaciones + 2 baños + 1 cocina + 2 comedores).

Ahora definiremos la geometría del edificio. Primero definiremos todos los cerramientos:

Grupo Cerramientos

Nombre

Composición del Cerramiento:
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Azulejo cerámico	0,030	1,300	2300	840	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	1,000	1525	1000	
3	bovedilla	0,200	0,670	500	1000	
4	Hormigón armado d > 2500	0,050	2,500	2600	1000	
5	Enlucido de yeso d < 1000	0,010	0,400	900	1000	
6						

Grupo Material

Material

0,020 Espesor [m]

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U_M [W/m²K]
U_C [W/m²K]
U_S [W/m²K]

Aceptar

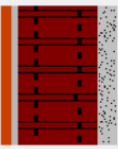


Figura 27: Composición del Entresuelo de la vivienda. (Elaboración Propia-HULC)

Una vez definidos todos los cerramientos con los materiales que previamente hemos definido en el Apartado 4.1.2 de este trabajo, definiremos también los huecos, es decir las ventanas y las puertas que existen en la vivienda.

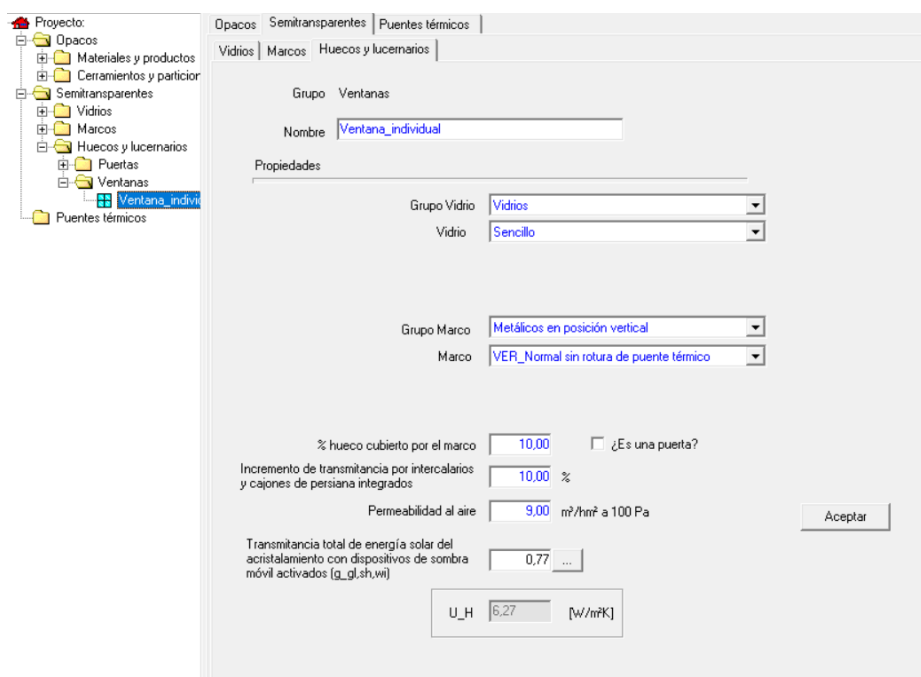


Figura 28: Descripción de las ventanas de la vivienda. (Elaboración Propia-HULC)

Una vez, terminados de definir todos los huecos, importaremos los planos que hemos creado en AUTOCAD, para crear así un modelo 3D en la aplicación.

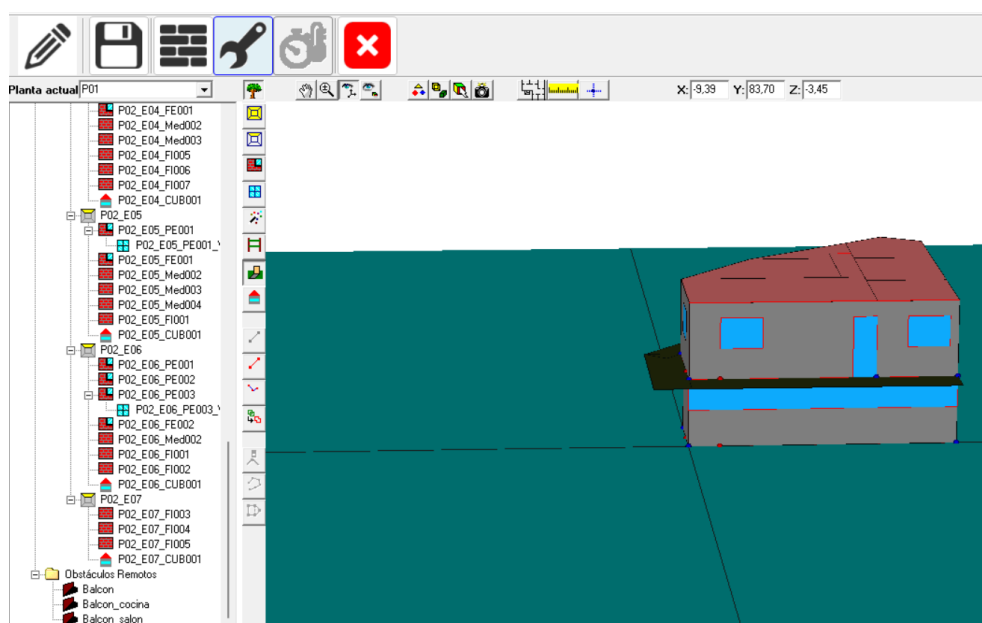


Figura 29: Vista 3D de la vivienda con todos los cerramientos y sombras. (Elaboración Propia-HULC)

Añadiremos las sombras correspondientes y actualizaremos la orientación de la casa con respecto al Norte.

Una vez terminado de construir y definir todos los parámetros de la geometría del edificio, haremos el cálculo de demandas de refrigeración y calefacción (HE-1), para ello y aunque el edificio no sea nuevo, para poder obtener este cálculo y ver cómo de lejos o cerca está la casa de la regulación vigente, en los datos generales, diremos que el edificio se trata de un edificio nuevo.

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019

Calidad de la envolvente térmica

	Valores límite	
Transmitancia térmica global, K [W/m²K]	1,69	0,48 NO CUMPLE
Demandas del edificio Objeto:		
- Calefacción [kWh/m²año]	125,82	
- Refrigeración [kWh/m²año]	18,86	
Control solar, q_soljul [kWh/m².mes]	10,68	2,00 NO CUMPLE
Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h]	18,92	6,00 NO CUMPLE
Compacidad [m³/m²]	1,04	
Superficie útil de cálculo, AÚtl [m²]	121,17	
Superficie de cerramientos opacos, Aopacos [m²]	254,13	
Superficie de huecos, Ahuecos [m²]	21,10	
Longitud de puentes térmicos, Lpt [m]	215,55	

Detalle por componentes:

Huecos Opacos Puentes Térmicos Espacios											
Núm.	Nombre	Construcción	Área [m²]	U [W/m²K]	Orientación	% Marco	g_glw	g_gtsh,wi	Cdsm [Wh/m²]	F_sh,obst	Ganancia_jul [kWh/m²]
1	P01_E01_PE001_V1	Ventana_individual	8,63	6,27	SE	10,00	0,86	1,00	No	0,47	49,11
2	P01_E01_PE004_V1	Ventana_individual	1,35	6,27	SO	10,00	0,86	1,00	No	0,57	55,98
3	P01_E03_PE001_V1	Ventana_individual	0,68	6,27	O	10,00	0,86	1,00	No	0,80	87,56
4	P01_E04_PE001_V1	Ventana_individual	0,68	6,27	O	10,00	0,86	1,00	No	0,80	86,89
5	P02_E01_PE001_V2	Ventana_individual	1,35	6,27	SE	10,00	0,86	1,00	No	0,99	104,23
6	P02_E01_PE001_V3	Puerta_exterior	1,50	6,27	SE	99,90	0,86	1,00	No	0,99	0,12
7	P02_E01_PE002_V1	Ventana_individual	1,35	6,27	SO	10,00	0,86	1,00	No	1,00	92,99
8	P02_E02_PE001_V1	Ventana_individual	1,35	6,27	SE	10,00	0,86	1,00	No	0,99	104,23
9	P02_E03_PE001_V1	Ventana_individual	0,68	6,27	NE	10,00	0,86	1,00	No	1,00	70,03
10	P02_E04_PE001_V1	Puerta_exterior	1,50	6,27	O	99,90	0,86	1,00	No	1,00	0,12
11	P02_E05_PE001_V1	Ventana_individual	0,68	6,27	O	10,00	0,86	1,00	No	1,00	109,01
12	P02_E06_PE003_V1	Ventana_individual	1,35	6,27	O	10,00	0,86	1,00	No	0,99	109,02

Figura 30: Verificación de los requisitos mínimos de la envolvente térmica. (Elaboración Propia-HULC)

Podemos comprobar como el edificio, no cumple la normativa vigente en ninguno de los aspectos que se miden en esta verificación, algunos como los de transmitancia, ya podíamos intuirlos, debido a que cuando hicimos el cálculo de transmitancia de los cerramientos, no había ninguno que estuviese por debajo de los valores límite.

Una vez finalizada la verificación de los requisitos mínimos del cálculo de demanda de refrigeración y calefacción, Pasaremos a la definición de los sistemas de la vivienda.

Como ya adelantamos en el apartado 4.1.4, la casa cuenta con una caldera de fuel oil de 34,80 kW de potencia un rendimiento del 91,10%, los radiadores, tienen una capacidad nominal de 760 W, y están distribuidos por los espacios de la casa, hay 6 de ellos en el salón de la planta de abajo, 1 en el dormitorio de abajo y 1 en el baño de abajo. En el piso superior hay 1 en el salón, 1 en cada dormitorio y 1 en el baño.

El acumulador tiene una capacidad de 50 L. La demanda de ACS es de $112 \frac{L}{día}$, este valor se ha obtenido del CTE, y corresponde a la demanda de ACS de una persona $28 \frac{L}{día}$ multiplicado por el número de residentes,4.

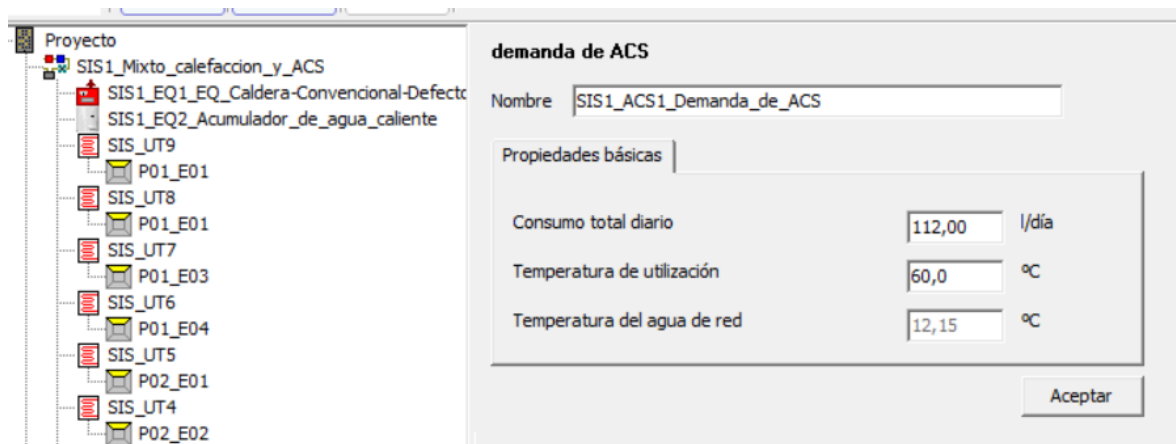


Figura 31: Demanda de ACS. (Elaboración Propia-HULC)

Por último, se han añadido las chimeneas como “equipos ideales” de climatización unizona, se les ha puesto un rendimiento de 22,5% a cada uno puesto que la chimenea es abierta, se ha puesto que el tipo de energía utilizada es la biomasa no densificada.

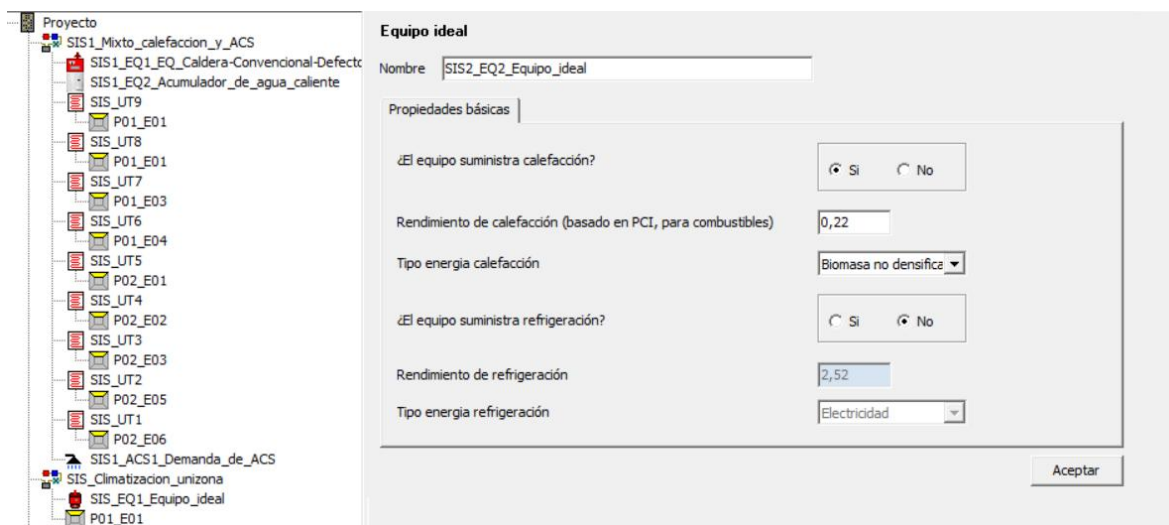
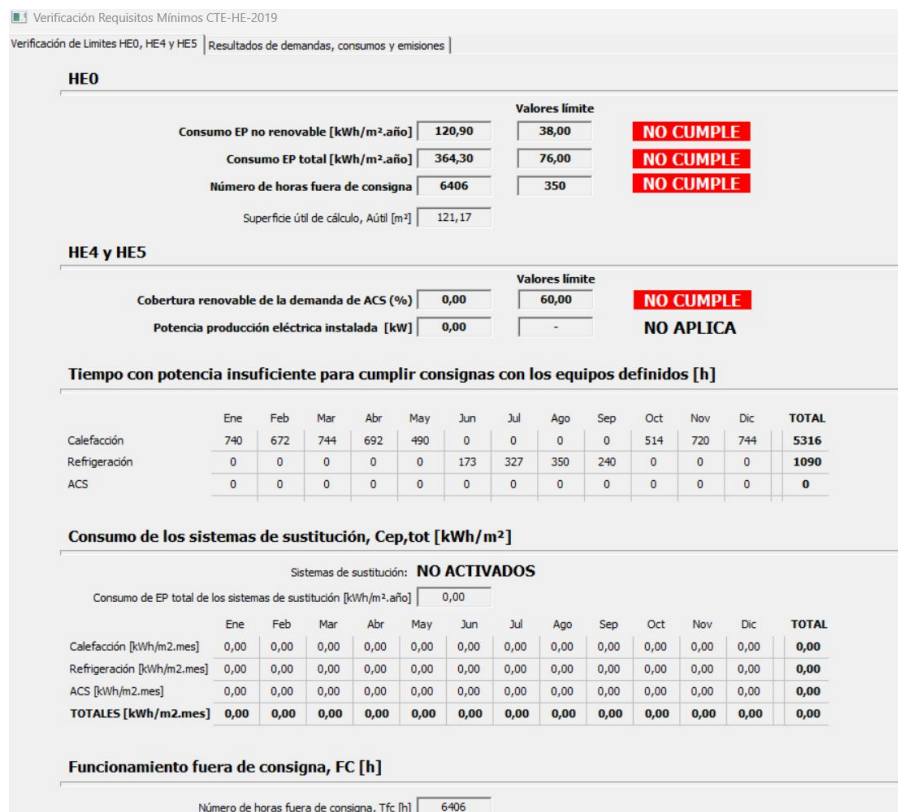


Figura 32: Características de chimenea de leña. (Elaboración Propia-HULC)

Una vez definidos todos los sistemas, se pasará a la verificación del HE-0:



HE0

	Valores límite	
Consumo EP no renovable [kWh/m².año]	120,90	38,00 NO CUMPLE
Consumo EP total [kWh/m².año]	364,30	76,00 NO CUMPLE
Número de horas fuera de consigna	6406	350 NO CUMPLE
Superficie útil de cálculo, A _{útil} [m²]	121,17	

HE4 y HE5

	Valores límite	
Cobertura renovable de la demanda de ACS (%)	0,00	60,00 NO CUMPLE
Potencia producción eléctrica instalada [kW]	0,00	- NO APLICA

Tiempo con potencia insuficiente para cumplir consignas con los equipos definidos [h]

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Calefacción	740	672	744	692	490	0	0	0	0	514	720	744	5316
Refrigeración	0	0	0	0	0	173	327	350	240	0	0	0	1090
ACS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Consumo de los sistemas de sustitución, Cep,tot [kWh/m²]

Sistemas de sustitución: **NO ACTIVADOS**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Calefacción [kWh/m2.mes]	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
Refrigeración [kWh/m2.mes]	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
ACS [kWh/m2.mes]	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
TOTALES [kWh/m2.mes]	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

Funcionamiento fuera de consigna, FC [h]

Número de horas fuera de consigna, T_{fc} [h] 6406

Figura 33: Verificación de los requisitos mínimos de consumo renovable y cobertura de ACS. (Elaboración Propia-HULC)

Como podemos comprobar en los resultados de la imagen anterior, la casa consume demasiada energía de fuentes no renovables, y aunque se enciendan las chimeneas y la calefacción, en muchos meses no alcanza para llegar a la potencia necesaria para asegurar el confort en el interior de la vivienda. Quedando la vivienda con una eficiencia energética según HULC:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<54.20 A		<12.20 A	
54.20-87.8 B		12.20-19.9 B	
87.80-136.10 C		19.90-30.80 C	
136.10-209.30 D		30.80-47.30 D	
209.30-375.60 E	273,46 E	47.30-83.70 E	68,99 E
375.60-473.20 F		83.70-100.40 F	
=>473.20 G		=>100.40 G	

Figura 34: Calificación energética obtenida de la vivienda. (Elaboración Propia-HULC)

4.2.4 ANÁLISIS DE LA VIVIENDA CON MATLAB

Para seguir profundizando en la pérdida de calor del sistema y la potencia necesaria que se necesitaría para mantener la temperatura en el interior de la casa, realizaremos un análisis del sistema térmico de la vivienda, para ello haremos un modelado de un sistema térmico, para realizarlo, dispondremos de 3 medios, el exterior, el piso superior y el piso inferior. Supondremos una temperatura exterior de 3°C que es la temperatura media mínima mas baja en Patones en el año, (corresponde a los meses de enero y febrero). Asumiremos también una temperatura inicial del piso superior de 10°C, la temperatura del piso inferior también la asumiremos de 10°C. Para el cálculo del sistema, necesitaremos las resistencias térmicas ya calculadas y también necesitaremos la capacidad térmica de tanto el piso superior como del inferior. También necesitaremos poner una temperatura a la que queramos llevar la temperatura de los pisos, elegiremos una temperatura de 21°C ya que es una temperatura razonable teniendo en cuenta una temperatura exterior de 3°C. Por último, pondremos un plazo de 1 hora para alcanzar esa temperatura, y 3 horas más de mantener esa temperatura en la casa.

Cálculo de la capacidad térmica del piso superior:

$$A_{\text{planta_piso_superior}} = 62,71 \text{ m}^2$$

$$Altura_{\text{piso_superior}} = 2,50 \text{ m}$$

$$V_{\text{piso_superior}} = Altura_{\text{piso_superior}} \cdot A_{\text{planta}} = 62,71 \cdot 2,50 = 156,78 \text{ m}^3$$

Se asumirá una densidad del aire de $1,20 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$, y un calor específico de $1.005 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$ [27].

Esto equivale a una capacidad térmica del piso superior de:

Ecuación 15: Cálculo de la capacidad térmica del piso superior.

$$\begin{aligned} c_{\text{piso_superior}} &= 1.005 \cdot 1,20 \cdot 156,78 = 189.079,70 \left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right] = 189.079,70 \left[\frac{\text{W} \cdot \text{s}}{\text{K}} \right] \\ &= \frac{189.079,70}{3600} \left[\frac{\text{W} \cdot \text{h}}{\text{K}} \right] = 52,52 \left[\frac{\text{W} \cdot \text{h}}{\text{K}} \right] \end{aligned}$$

Cálculo de la capacidad térmica del piso inferior:

$$A_{\text{planta_piso_inferior}} = 62,71 \text{ m}^2$$

$$Altura_{\text{piso_inferior}} = 2,20 \text{ m}$$

$$V_{\text{piso_inferior}} = Altura_{\text{piso_inferior}} \cdot A_{\text{planta}} = 62,71 \cdot 2,20 = 137,97 \text{ m}^3$$

Se asumirá una densidad del aire de $1,20 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$, y un calor específico de $1.005 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$.

Esto equivale a una capacidad térmica del piso superior de:

Ecuación 16: Cálculo de la capacidad térmica del piso inferior.

$$\begin{aligned} c_{\text{piso_superior}} &= 1.005 \cdot 1,20 \cdot 137,97 = 166.390,13 \left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right] = 166.390,13 \left[\frac{\text{W} \cdot \text{s}}{\text{K}} \right] \\ &= \frac{166.390,13}{3600} \left[\frac{\text{W} \cdot \text{h}}{\text{K}} \right] = 46,22 \left[\frac{\text{W} \cdot \text{h}}{\text{K}} \right] \end{aligned}$$

El resto de los datos que necesitaremos también para el modelado del sistema son los siguientes (el contacto del piso inferior y el suelo se asumirá adiabático):

- $A_{\text{exterior_piso_superior}} = 80,33 \text{ m}^2$
- $A_{\text{exterior_piso_inferior}} = 69,05 \text{ m}^2$
- $R_{\text{entresuelo}} = 0,73 \frac{\text{m}^2 \cdot K}{W}$
- $R_{\text{muros_exteriores}} = 1,01 \frac{\text{m}^2 \cdot K}{W}$
- $R_{\text{techo}} = 2,48 \frac{\text{m}^2 \cdot K}{W}$

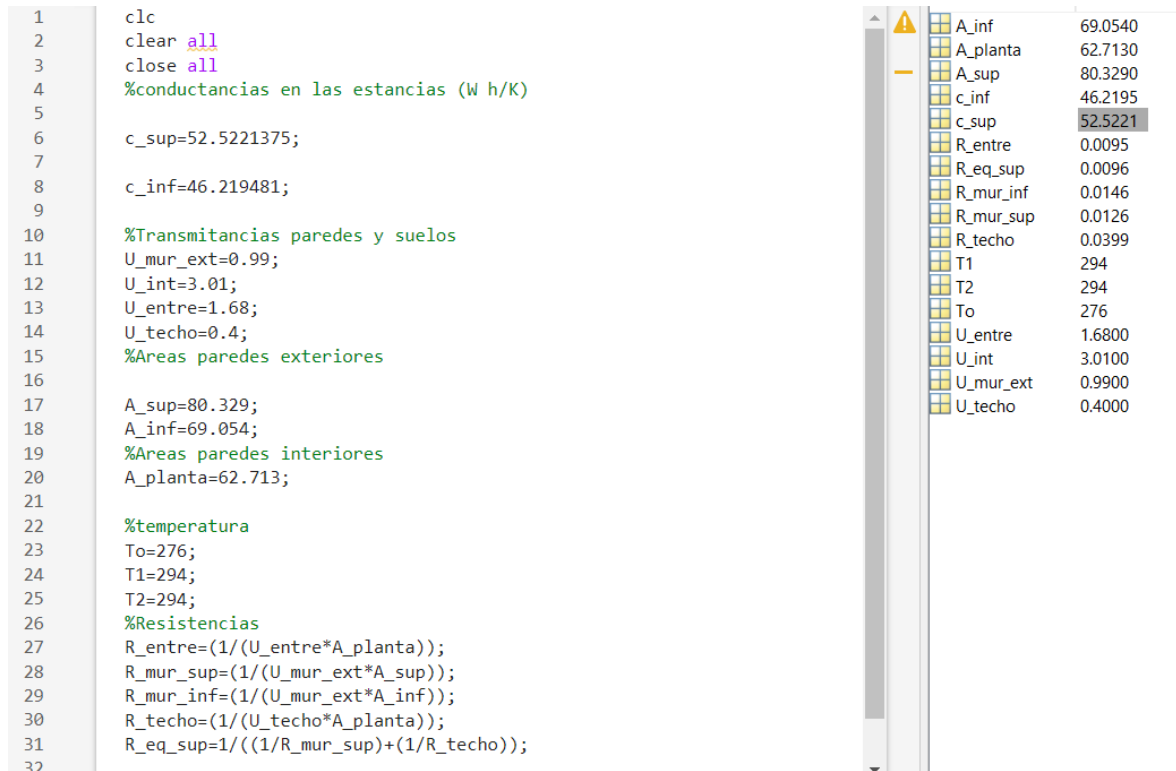


Figura 35: Código de Matlab con los datos del sistema casa exterior. (Elaboración Propia)

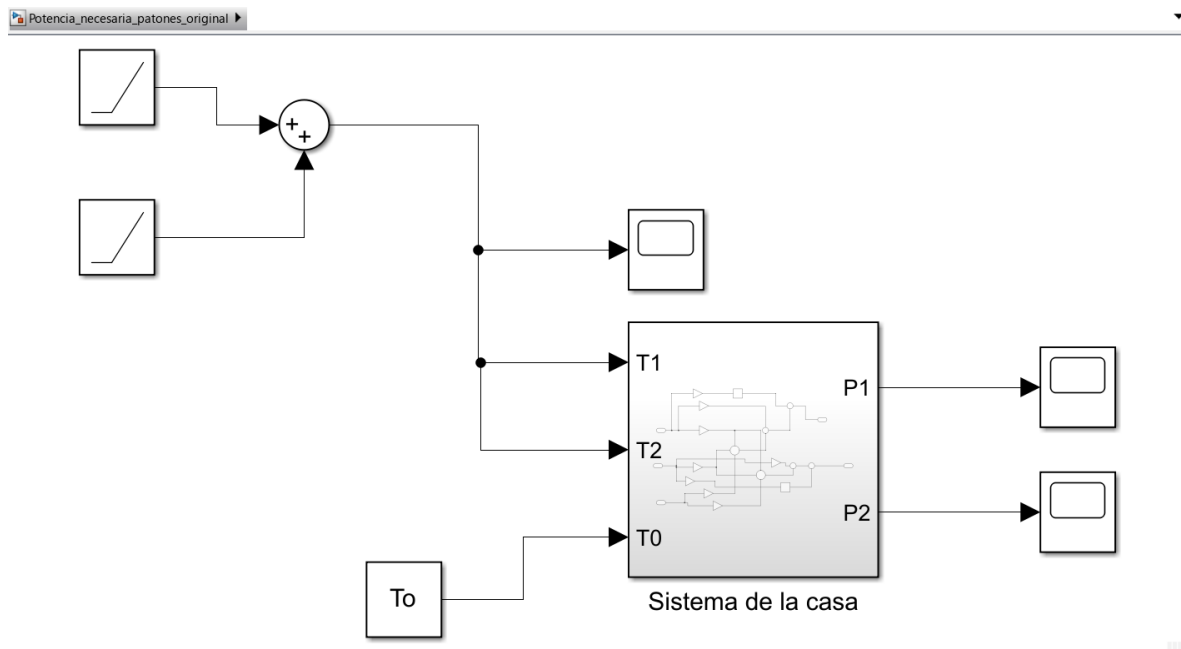


Figura 36: Simulink para el modelado de la evolución térmica de la casa. (Elaboración Propia)

Ejecutando entonces el simulink creado, arrojan los siguientes resultados sobre la potencia necesaria para llevar la casa de una temperatura de 283 K a 294 K:

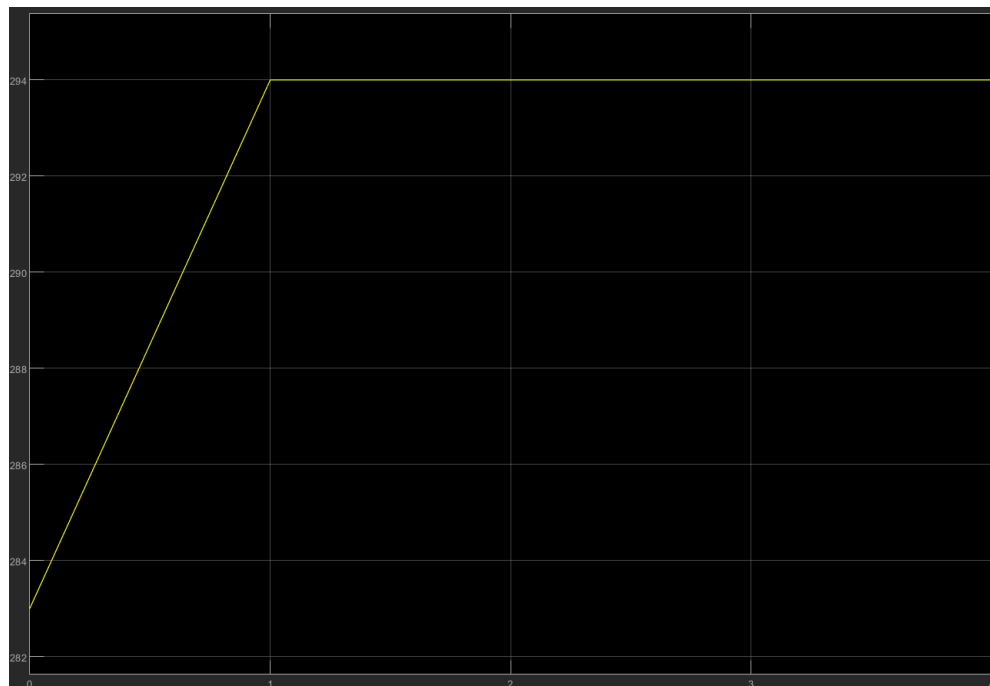


Figura 37: Cambio de temperatura deseada de 10 a 21°C. (Elaboración Propia)

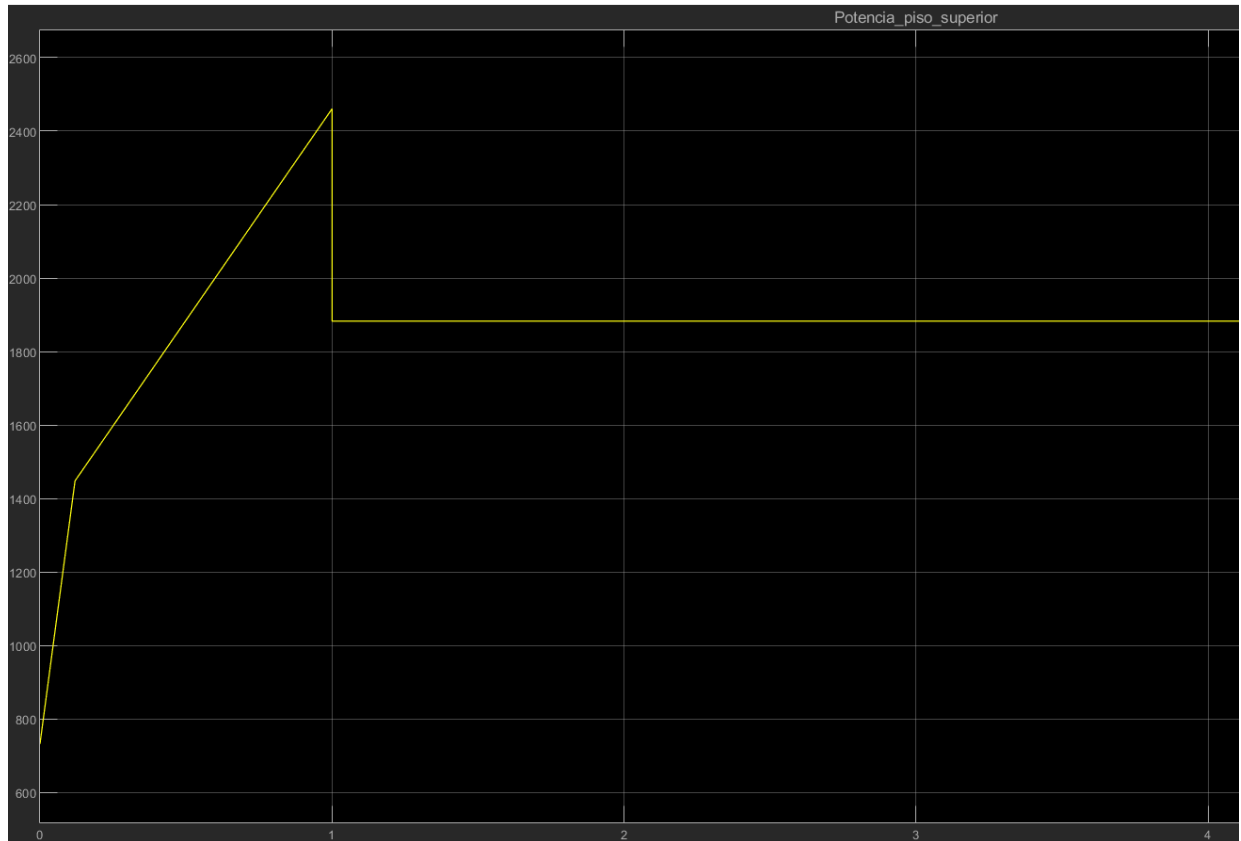


Figura 38: Potencia calorífica del piso superior necesaria para aumentar la vivienda de 10 a 21°C sin aislantes térmicos. (Elaboración Propia)

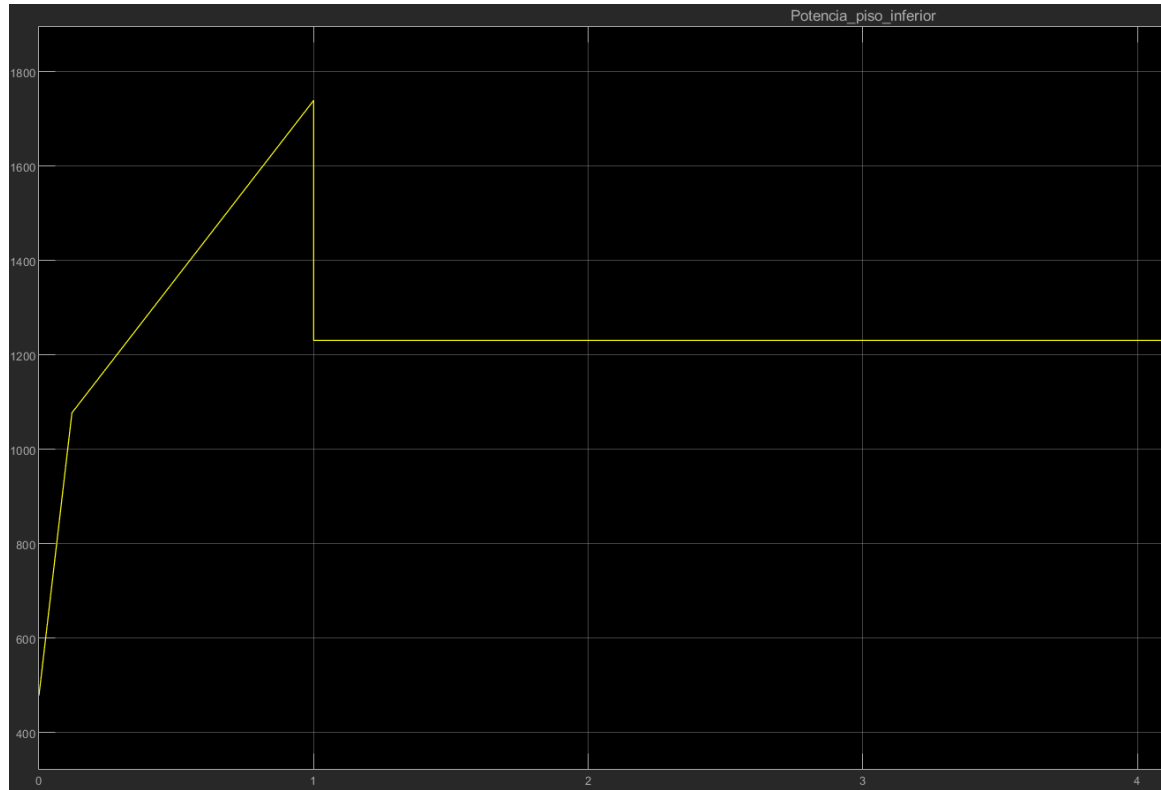


Figura 39: Potencia calorífica del piso inferior necesaria para aumentar la vivienda de 10 a 21°C sin aislantes térmicos. (Elaboración Propia)

Una vez obtenidas las potencias instantáneas en W que necesitaremos durante las horas que queremos mantener la casa a esa temperatura, calcularemos cuanto es la cantidad de energía calorífica necesaria para llegar a esa temperatura durante las horas que hemos precisado (4h de uso de calefacción).

Cálculo de la Energía calorífica necesaria para aumentar la temperatura de 10 a 21°C en el piso superior:

Midiendo y observando la gráfica podemos ver 3 zonas claramente diferenciadas, la primera desde el tiempo 0 hasta el 0,12; la segunda desde el tiempo 0,12 hasta el tiempo 1 y la última desde el tiempo 1 en adelante.

Primer tramo tiempo 0 hasta el tiempo 0,12:

Cuando $t = 0$ h, $P = 732,3$ W; $t = 0,12$ h, $P = 1.448$ W

$$E_{\text{Primer tramo}} = \int_0^{0,12} 5.964,17 \cdot x + 732,30 \, dx = 130,82 \, [Wh]$$

Segundo tramo tiempo 0,12 hasta el tiempo 1:

Cuando $t = 0,12 \, h$, $P = 1.448 \, W$; $t = 1 \, h$, $P = 2.461 \, W$

$$E_{\text{segundo tramo}} = \int_{0,12}^1 1.151,14 \cdot x + 1.309,86 \, dx = 1.719,96 \, [Wh]$$

Tercer tramo tiempo 1 en adelante:

$P = 1.883 \, W$, queremos mantener la temperatura 3 horas más

$$E_{\text{Tercer tramo}} = 1.883 \cdot 3 = 5.649 \, [Wh]$$

Así la energía total necesaria para subir la temperatura de la vivienda a $21^\circ C$ y mantenerla durante 3 h en el piso superior es:

Ecuación 17: Cálculo de energía total necesaria de calefacción para el confort de la vivienda en el piso superior.

$$E_{\text{total piso superior}} = E_{\text{Primer tramo}} + E_{\text{Segundo tramo}} + E_{\text{Tercer tramo}} = 7.499,778 \, [Wh]$$

Cálculo de la Energía calorífica necesaria para aumentar la temperatura de 10 a $21^\circ C$ en el piso inferior:

Midiendo y observando la gráfica podemos ver 3 zonas claramente diferenciadas, la primera desde el tiempo 0 hasta el 0,12; la segunda desde el tiempo 0,12 hasta el tiempo 1 y la última desde el tiempo 1 en adelante.

Primer tramo tiempo 0 hasta el tiempo 0,12:

Cuando $t = 0 \, h$, $P = 478,5 \, W$; $t = 0,12 \, h$, $P = 1.077 \, W$

$$E_{\text{Primer tramo}} = \int_0^{0,12} 4.987,50 \cdot x + 478,50 \, dx = 93,33 \, [Wh]$$

Segundo tramo tiempo 0,12 hasta el tiempo 1:

Cuando $t = 0,12 \, h$, $P = 1.077 \, W$; $t = 1 \, h$, $P = 1.739 \, W$

$$E_{\text{segundo tramo}} = \int_{0,12}^1 752,27 \cdot x + 986,73 \, dx = 1.239,04 \, [Wh]$$

Tercer tramo tiempo 1 en adelante:

$P = 1.231 \, W$, queremos mantener la temperatura 3 horas más

$$E_{\text{Tercer tramo}} = 1.231 \cdot 3 = 3.693 \, [Wh]$$

Así la energía total necesaria para subir la temperatura de la vivienda a 21°C y mantenerla durante 3 h en el piso inferior es:

Ecuación 18: Cálculo de energía total necesaria de calefacción para el confort de la vivienda en el piso inferior.

$$E_{\text{total piso inferior}} = E_{\text{Primer tramo}} + E_{\text{segundo tramo}} + E_{\text{Tercer tramo}} = 5.025,37 \, [Wh]$$

Por lo que la Energía calorífica necesaria para aumentar la temperatura de la vivienda de 10°C a 21°C y mantenerla durante 3 h, será la suma de la energía calorífica total del piso superior y del piso inferior:

Ecuación 19: Cálculo de energía total necesaria de calefacción para el confort de la vivienda.

$$\begin{aligned} E_{\text{total piso vivienda}} &= E_{\text{total piso superior}} + E_{\text{total piso inferior}} = 7.499,78 + 5.025,37 \\ &= 12.525,15 \, [Wh] = 12,53 \, [kWh] \end{aligned}$$

4.2.5 PROBLEMAS DETECTADOS

Como hemos comprobado en el modelado de la vivienda con la herramienta HULC, queda muy claro que la vivienda carece del aislamiento necesario puesto que supera el valor de transmitancia limite, también podemos observar como tampoco tiene un valor adecuado de control solar, esto es debido a las ventanas sin cámara de aire que están instaladas. Por último, en la verificación de eficiencia energética queda claro que la casa no tiene la potencia calorífica necesaria para asegurar el confort en el interior de esta. También comprobamos que depende demasiado de energías no renovables por lo que será necesario la incorporación de más medios de generación renovable en la vivienda. Los datos de consumos, al haber sido sacados de una base de datos muy pequeña, pueden llevar a imprecisiones o errores en los valores calculados, para tener unos datos más fieles a la realidad, se debería tener una base de datos más grande para poder aproximar mejor el consumo real de los aparatos de la casa.

Capítulo 5. PROPUESTA DE MEJORA ENERGÉTICA

5.1 INTERVENCIONES EN AISLAMIENTOS

Como hemos explicado en el último apartado del capítulo anterior, queda evidente por el incumplimiento de la norma del CTE que la vivienda no tiene actualmente los valores de transmitancia ni de control solar adecuados, es por ello por lo que habrá que incluir aislantes en los distintos cerramientos de la casa para alcanzar unos valores de transmitancia adecuados, por otro lado, habrá que cambiar todas las ventanas y puertas tanto por aislamiento como por el control solar. Por último, se eliminará la pared de cristalera puesto que tiene un valor de transmitancia muy elevado, en su lugar, se prolongará el muro hasta el techo de la planta inferior.

5.1.1 MEJORAS EN MUROS EXTERIORES, INTERIORES, CUBIERTA Y SUELOS

Queda claro por lo calculado en el apartado 4.2.1 de este trabajo que los valores de transmitancia de los muros exteriores, las paredes interiores, el entresuelo, el techo y el suelo no cumplen con los valores límite de transmitancia establecidos por el CTE es por ello por lo que se realizará una adición de aislante en todos ellos para alcanzar los valores adecuados.

El aislante que se usará será el poliestireno expandido EPS 0,037 [$\frac{W}{m \cdot K}$], utilizado ya que el poliestireno ofrece un gran aislamiento térmico a la vez que es más barato que otras opciones de aislamiento como la lana mineral.

Es por ello por lo que ahora calcularemos cuanto aislante necesitaremos para cada uno de los cerramientos, teniendo en cuenta los valores límite del CTE.

Cálculo de EPS necesario en Muros Exteriores:

$$0,41 = \frac{1}{R_{mur\ ext} + R_{ais}}$$

$$R_{ais} = \frac{1}{0,41} - R_{mur\ ext} = \frac{1}{0,41} - 1,01 = 1,43 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Ecuación 20: Cálculo del espesor del aislante necesario en los muros exteriores.

$$espesor_{aislante} = R_{ais} \cdot k_{ais} = 1,43 \cdot 0,037 = 0,05 \text{ m}$$

Este es el valor límite para alcanzar $0,41 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$. En nuestro caso se añadirán 5,50 cm de espesor de aislante en los muros exteriores.

Cálculo de EPS necesario en Paredes interiores:

$$1,20 = \frac{1}{R_{par\ int} + R_{ais}}$$

$$R_{ais} = \frac{1}{1,20} - R_{par\ int} = \frac{1}{1,2} - 0,42 = 0,41 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Ecuación 21: Cálculo del espesor del aislante necesario en las paredes interiores.

$$espesor_{aislante} = R_{ais} \cdot k_{ais} = 0,41 \cdot 0,037 = 0,015 \text{ m}$$

Este es el valor límite para alcanzar $1,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$. En nuestro caso se añadirán 1,6 cm de espesor de aislante en las paredes interiores.

Cálculo de EPS necesario en Entresuelo:

$$1,20 = \frac{1}{R_{entresuelo} + R_{ais}}$$

$$R_{ais} = \frac{1}{1,20} - R_{entresuelo} = \frac{1}{1,20} - 0,7266 = 0,11 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Ecuación 22: Cálculo del espesor del aislante necesario en el entresuelo.

$$espesor_{aislante} = R_{ais} \cdot k_{ais} = 0,11 \cdot 0,037 = 0,0039 \text{ m}$$

Este es el valor límite para alcanzar $1,20 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$. En nuestro caso se añadirán 4 mm de espesor de aislante en el entresuelo.

Cálculo de EPS necesario en Suelo:

$$0,41 = \frac{1}{R_{suelo} + R_{ais}}$$

$$R_{ais} = \frac{1}{0,41} - R_{suelo} = \frac{1}{0,41} - 0,54 = 1,90 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Ecuación 23: Cálculo del espesor del aislante necesario en el suelo.

$$espesor_{aislante} = R_{ais} \cdot k_{ais} = 1,90 \cdot 0,037 = 0,07 \text{ m}$$

Este es el valor límite para alcanzar $0,41 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$. En nuestro caso se añadirán 7 cm de espesor de aislante en el suelo.

Cálculo de EPS necesario en Techo:

$$0,35 = \frac{1}{R_{techo} + R_{ais}}$$

$$R_{ais} = \frac{1}{0,35} - R_{techo} = \frac{1}{0,35} - 2,48 = 0,38 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Ecuación 24: Cálculo del espesor del aislante necesario en el techo.

$$espesor_{aislante} = R_{ais} \cdot k_{ais} = 0,38 \cdot 0,037 = 0,014 \text{ m}$$

Este es el valor límite para alcanzar $0,35 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$. En nuestro caso se añadirán 1,5 cm de espesor de aislante en el Techo.

5.1.2 SUSTITUCIÓN DE VENTANAS Y PUERTAS

En cuanto a las ventanas, el valor límite de transmitancia para una vivienda con esta zona climática es de $2,10 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$. Por lo que se buscarán en el mercado ventanas con un valor menor a este y con un factor solar menor a 2 para que ambas características ayuden a cumplir la normativa de la CTE.

Debido a las dimensiones, se elegirá una ventana de PVC oscilobatiente de 75x100 cm que podemos encontrar en la empresa Leroy Merlín. Estas ventanas tienen una permeabilidad al aire de $3 \frac{m^3}{hm^2}$ a 100Pa y una transmitancia térmica de $1,50 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, según su ficha técnica[34].



Figura 40: Ventana oscilobatiente de PVC. (Leroy Merlín)

En cuanto a las puertas, la de la entrada se cambiará por una Puerta blindada de transmitancia térmica $1,10 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ según fabricante[35]. Las puertas de salida al exterior por la cocina y la

puerta de salida por la pared dónde previamente se encontraba la vidriera, serán unas puertas de PVC, con una transmitancia térmica de $1,20 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ según la ficha técnica[36].



Figura 41: Puerta de entrada de la vivienda. (Leroy Merlin)



Figura 42: Puerta exterior de PVC. (Leroy Merlin)

5.1.3 COMPARACIÓN EN CONSUMOS DE CALEFACCIÓN CON MATLAB

Una forma de saber cuanto ha impactado realmente los cambios en los aislamientos propuestos, es volver a hacer el mismo análisis que se realizó en el apartado 4.2.4 de este proyecto, para ello necesitaremos los valores actualizados de la transmitancia en muros exteriores, entresuelo y techo calculadas en el apartado 5.1.1.

Los valores, ya con la cantidad de aislamiento que se introdujo en la herramienta de HULC son los siguientes:

- $R_{mur\ ext} = 2,50 \frac{m^2 \cdot K}{W}$
- $R_{entresuelo} = 0,83 \frac{m^2 \cdot K}{W}$
- $R_{techo} = 2,88 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

Quedando la potencia del piso superior:

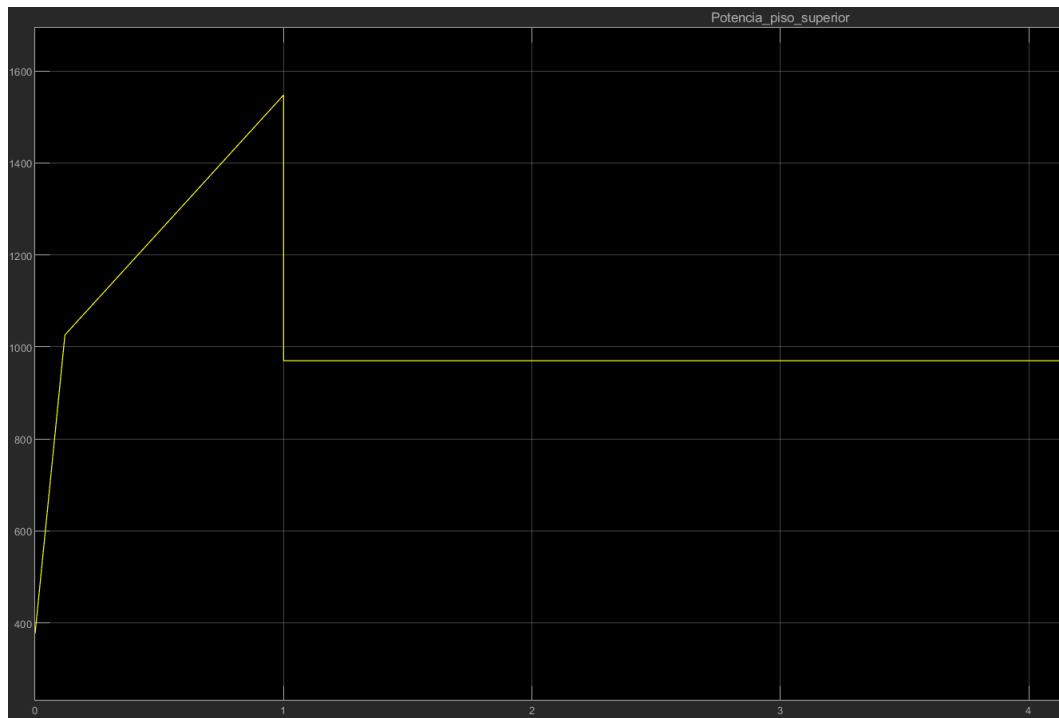


Figura 43: Potencia calorífica del piso superior necesaria para aumentar la vivienda de 10 a 21°C con aislantes térmicos. (Elaboración Propia)

Y quedando la potencia del piso inferior:

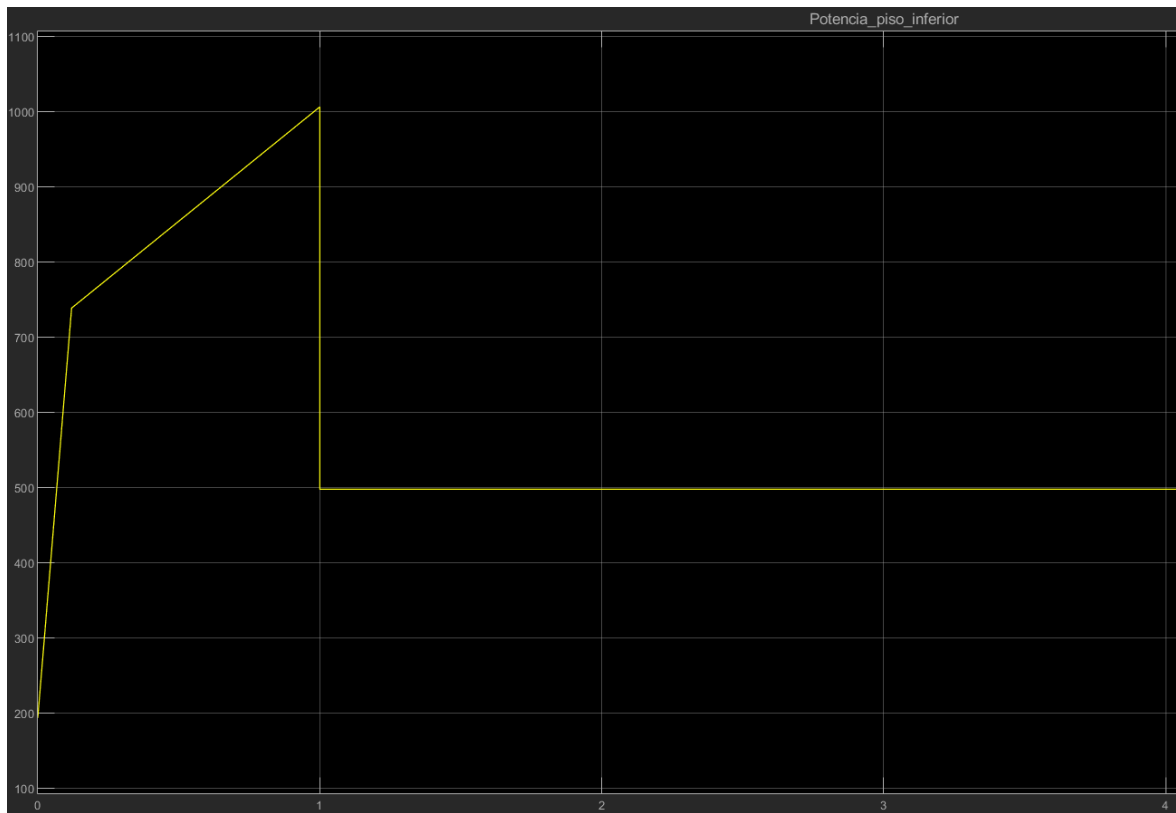


Figura 44: Potencia calorífica del piso inferior necesaria para aumentar la vivienda de 10 a 21°C con aislantes térmicos. (Elaboración Propia)

Cálculo de la Energía necesaria para aumentar la temperatura del piso superior de 10 a 21°C con aislantes:

$$\begin{aligned}
 E_{total\text{piso superior}} &= \int_0^{0,12} 5.406,67 \cdot x + 377,20 \, dx \\
 &+ \int_{0,12}^1 593,18 \cdot x + 954,82 \, dx + 3 \cdot 970 = 84,19 + 1.132,56 + 2910 \\
 &= 4.126,75 [Wh]
 \end{aligned}$$

Cálculo de la Energía necesaria para aumentar la temperatura del piso inferior de 10 a 21°C con aislantes:

$$\begin{aligned}
 E_{total\text{ piso inferior}} &= \int_0^{0,12} 4.540,83 \cdot x + 193,40 \, dx \\
 &+ \int_{0,12}^1 304,21 \cdot x + 701,80 \, dx + 3 \cdot 497,40 = 55,90 + 767,50 \\
 &+ 1.492,20 = 2.315,60 [Wh]
 \end{aligned}$$

Necesitando una energía total para la vivienda en kWh de:

$$\begin{aligned}
 E_{total\text{ piso vivienda}} &= E_{total\text{ piso superior}} + E_{total\text{ piso inferior}} = 4.126,75 + 2.315,60 \\
 &= 6.442,35 [Wh] = 6,44 [kWh]
 \end{aligned}$$

Lo que supondría solo en aislamientos, en un descenso de la cantidad de energía necesaria de:

$$\begin{aligned}
 \%energía\text{ necesaria} &= \left(1 - \frac{E_{total\text{ piso vivienda aislamientos}}}{E_{total\text{ piso vivienda actual}}} \right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{6,44}{12,53} \right) \cdot 100 \\
 &= 48,57\%
 \end{aligned}$$

Es decir, se necesita prácticamente la mitad de la energía calorífica necesaria para subir la temperatura interior de la casa y mantenerla 3h con el aislamiento propuesto.

5.2 INTERVENCIONES EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

En cuanto a los cambios necesarios en el sistema de climatización, queda claro por el informe de la verificación energética, que la vivienda no proporciona la cantidad necesaria de energía de calefacción ni de refrigeración, por lo que se cambiará la caldera de fuel oil de 34,80 kW, por una Aerotermia monobloc de 10 kW de potencia junto con 6 fancoil de pared de 2 tubos 3810W frío / 5080W calor[2], [37], [38]. Se mantendrán los radiadores actuales para reducir el coste total de la obra por lo que habrá que acoplarlos al sistema de aerotermia. El

acumulador de 50 L, también se mantendrá, (Los datos de las fichas técnicas de tanto la aerotermia monobloc como de los fancoils estará adjuntado en el Anexo IV de este proyecto).

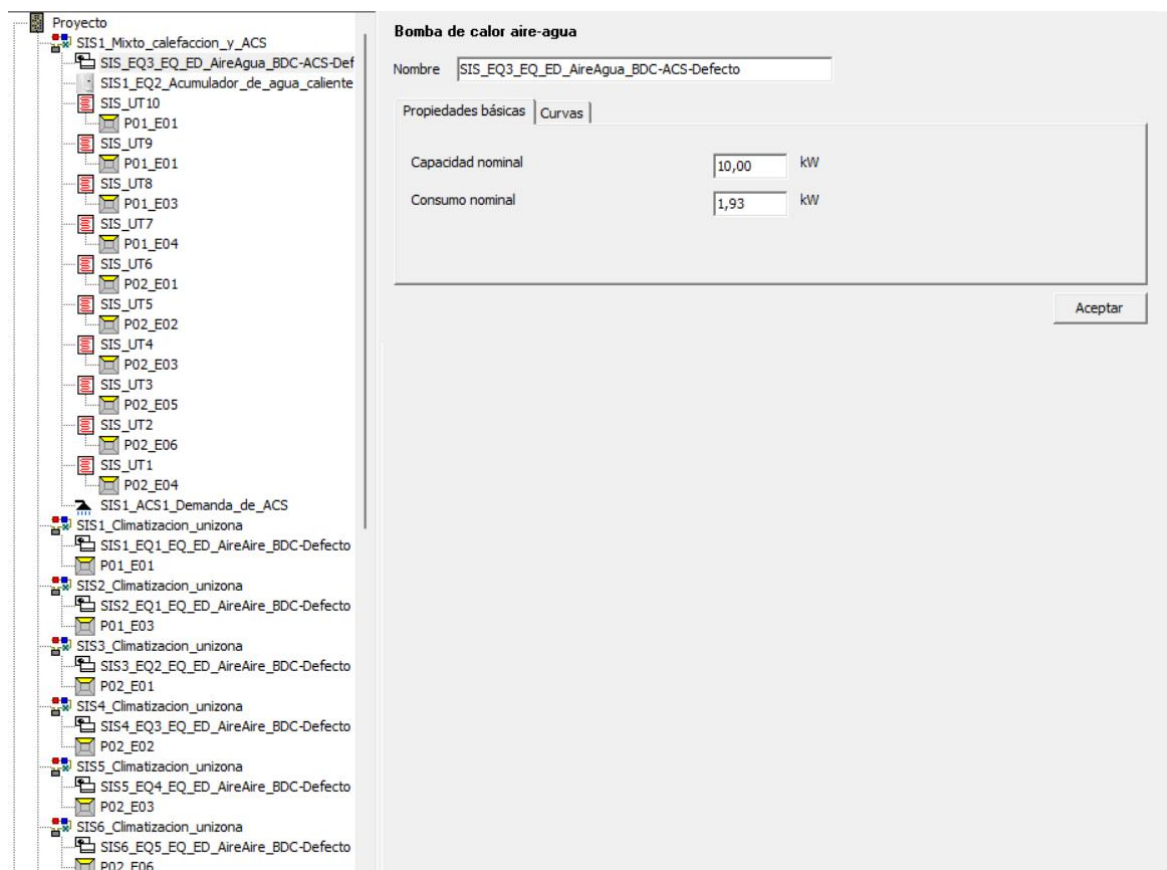


Figura 45: Características del monobloc utilizado. (Elaboración Propia-HULC)

5.3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Como hemos apuntado previamente, queda claro por los resultados de eficiencia energética que la casa necesita consumir más energía de una fuente renovable, debido a la localización y el tamaño de la casa, de entre todas las energías renovables a nuestra disposición la más fácil de implementar y obtener la mayor cantidad de energía es la energía solar, ya que está muy extendida y es la principal solución a generación de energía renovable en edificios residenciales.

5.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Debido a la necesidad de generación de energía, se construirá como hemos adelantado, una instalación fotovoltaica, para llevar a cabo esta instalación, tendremos 2 condiciones, la primera es que intentemos obtener la mayor cantidad de energía con el mínimo coste posible, y la segunda es que obtengamos la mayor cantidad de energía en el espacio disponible. El espacio de instalación de estos paneles solares es limitado, puesto que optaremos por ponerlo en el tejado de la vivienda, lugar en el que incide la mayor radiación en la vivienda, y donde hay una menor cantidad de sombras.

Elección del número de paneles solares y potencia de estos:

Para la elección del número de paneles, y la potencia de estos será necesario primero definir el área total que tendremos a disposición para ponerlos en el tejado. Debido a la irregularidad en la forma del tejado (ya que no es un cuadrado perfecto) y las dimensiones de los paneles solares, no podremos utilizar la totalidad del tejado para la implementación de los paneles. Por lo que el área máxima que se podrá utilizar para poner paneles solares será la siguiente:

Ecuación 25: Área total disponible para la instalación de paneles solares.

$$A_{\text{paneles}} = (5,97 \cdot 3,43) + (2,87 \cdot 3,48) + (2,65 \cdot 8,53) = 53 \text{ m}^2$$

Estas dimensiones están obtenidas de medir sobre el plano las zonas en las que se podría poner paneles solares, manteniendo una separación en el medio debido a la caída de dos aguas del tejado y no incluyendo áreas del tejado pequeñas en las que no entrarían paneles solares debido a la geometría.

Una vez definido el espacio que tenemos para la instalación de los paneles solares, se nos plantea la siguiente pregunta, poner paneles solares de una mayor potencia o poner paneles solares de menor potencia que ocupan menor espacio. Para explicar la decisión que se eligió para este trabajo se ilustrará la siguiente tabla con tamaños del panel y potencia generada por el mismo:

<i>Potencia panel</i>	<i>Tamaño Panel</i>	<i>Potencia Instalación</i>
250 W	1,3 m ²	$\frac{(250 \cdot 53)}{1,3} = 10,192 \text{ kW}$
550 W	2,57 m ²	$\frac{(550 \cdot 53)}{2,57} = 11,338 \text{ kW}$
710 W	3,11 m ²	$\frac{(710 \cdot 53)}{3,11} = 12,129 \text{ kW}$

Tabla 1: Comparación de distintos paneles solares. (Elaboración Propia)

Queda claro con la anterior tabla que lo que interesa en la selección de los paneles solares es que tenga la mayor potencia posible puesto que la diferencia en el tamaño de los paneles no es tan grande en comparación con el aumento en la potencia nominal. Además, el precio de los paneles no difiere tanto entre sí ya que con paneles de mayor potencia (aunque sean más caros), habrá que añadir una menor cantidad de ellos que los paneles de menor potencia para conseguir la misma potencia en la instalación. Es por ello por lo que elegiremos para este trabajo los paneles solares de 710 W de potencia nominal.

Los paneles que se usarán entonces serán paneles solares de la marca JA solar de 710W de potencia nominal. Estos paneles son bifaciales y tienen un rendimiento de módulo de 22,9%, el voltaje de circuito abierto es de 48,6 V y ocupan un área de 3,11 m².

Ecuación 26: N° de paneles instalados.

$$n^{\circ} \text{ de paneles instalados} = \frac{53}{3,11} = 17$$

Por lo que la potencia total de la instalación será de:

Ecuación 27: Potencia total de los módulos instalados.

$$P_{total\text{ instalada}} = 17 \cdot 710 = 12,07 \text{ kW}$$

Para elegir el inversor del sistema deberemos tener en cuenta esta potencia instalada, ya que la necesitaremos para elegir la potencia del inversor. Para elegir esa potencia pondremos un ratio $CC/CA = 1,2$ por lo que la potencia en AC que tendrá el inversor que elijamos será de 10 kW.

Buscando en el mercado por inversores de esas características por el menor precio posible, seleccionamos el inversor híbrido de la marca Deye el modelo sun de 10 kW de potencia.

Este inversor tiene 2 MPPT disponibles y cada uno tiene un voltaje en corriente continua máximo de 850 V y tiene un voltaje en corriente continua mínimo de 150 V.

Por lo que el inversor acepta un máximo de módulos de:

Ecuación 28: Máximo de módulos por cada string

$$\max_{\text{módulos}} = \frac{850}{48,6} = 17,49 = 17 \text{ módulos}$$

Y un mínimo de módulos de:

Ecuación 29: Mínimo de módulos por cada string.

$$\min_{\text{módulos}} = \frac{150}{48,6} = 3,09 = 4 \text{ módulos}$$

Por lo que nuestros paneles solares tendrán que estar conectados a cada MPPT entre 4 y 17. Como el número de paneles solares que tenemos es 17, conectaremos 9 paneles a un MPPT en serie (estos paneles estarán en un lado de la caída de dos aguas del tejado) y conectaremos los otros 8 en serie al otro MPPT disponible del sistema (en el otro lado de la caída de dos aguas del tejado)

5.3.2 SIMULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN SAM

Una vez definidos los paneles solares y el inversor que usaremos en nuestra instalación fotovoltaica, usaremos la herramienta SAM para calcular la cantidad de energía que

produciremos anualmente. Primero, introduciremos la localización de nuestra instalación fotovoltaica, después introduciremos los datos de la ficha técnica de los paneles y del inversor. Por último, seleccionaremos en la pestaña de system design, pondremos a que MPPT corresponde cada cadena de paneles solares y el número de paneles por cadena, aquí podemos definir cuantos de esos paneles están conectado en paralelo, pero en nuestro caso toda la cadena está conectada en serie. Por último, en esta pestaña podemos añadir la inclinación y la azimutud de los paneles solares. El tejado tiene una inclinación de 10° . Para la azimutud, habrá que tener en cuenta la orientación de la casa, la cual esta orientada 60° al Oeste, (azimut 300°). Por lo que una pendiente del tejado está orientada a 210° (Sudoeste) y la otra está orientada a 60° (Este). Donde un azimut 0° corresponde con el Norte y es creciente hacia el Este.

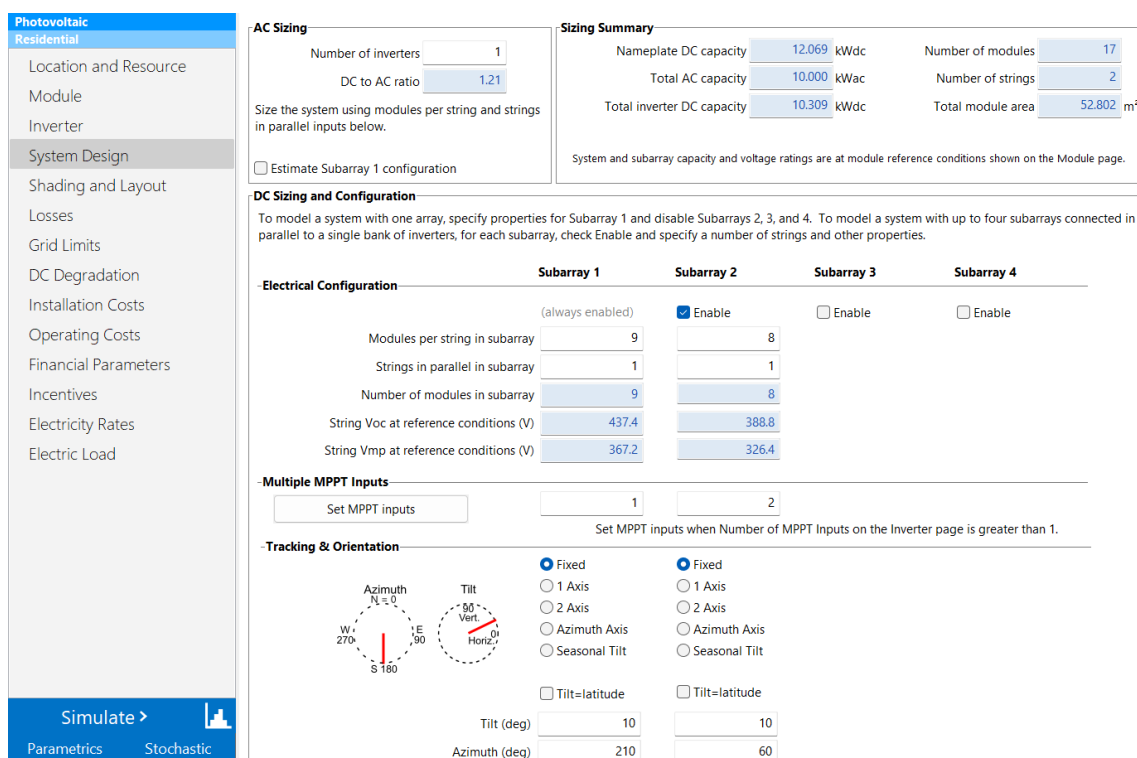


Figura 46: Diseño de la instalación fotovoltaica. (SAM)

Para finalizar con la simulación de la cantidad de energía que producimos introduciremos la energía total que se consume en la casa. Esta energía se puede dividir en la energía que gastamos en la calefacción, debida a la leña y a la caldera de fuel oil y a la energía que

utilizamos para distintos aparatos eléctricos ya sea neveras, calentamiento del ACS o calefacción. En el apartado 4.2.2 de este proyecto se calculó la cantidad actual de energía que se requería en la situación actual de la vivienda. Pero en el apartado 5.1.3 en Matlab se calculó que, con los nuevos aislamientos, se necesitaría un 48,57% de la energía calorífica para alimentar la casa, lo que supondría una disminución del 48,57% en la energía utilizada para estos fines. También se tendrá en cuenta el SCOP de la aerotermia monobloc utilizada que en este caso es de 5,19. Por lo que la energía eléctrica que nos salga en la calefacción habrá que dividirla por este valor para calcular la cantidad de energía eléctrica consumida por el bloque de aerotermia.

Tras esta explicación quedará entonces la energía eléctrica consumida para la calefacción por meses de la siguiente forma:

- enero y febrero:

$$Energía_{calorífica\ necesaria} = (784,32 + 29,73) \cdot \frac{48,57}{100} = 395,38 \frac{kWh}{mes}$$

Ecuación 30: Energía eléctrica consumida por el monobloc en enero y febrero.

$$Energía_{eléctrica\ consumida} = \frac{Energía_{calorífica\ necesaria}}{SCOP} = \frac{395,38}{5,19} = 76,18 \frac{kWh}{mes}$$

- diciembre y marzo:

$$Energía_{calorífica\ necesaria} = (522,88 + 29,73) \cdot \frac{48,57}{100} = 268,40 \frac{kWh}{mes}$$

Ecuación 31: Energía eléctrica consumida por el monobloc en diciembre y marzo.

$$Energía_{eléctrica\ consumida} = \frac{Energía_{calorífica\ necesaria}}{SCOP} = \frac{268,40}{5,19} = 51,72 \frac{kWh}{mes}$$

- noviembre y abril:

$$Energía_{calorífica\ necesaria} = (261,44 + 29,73) \cdot \frac{48,57}{100} = 141,42 \frac{kWh}{mes}$$

Ecuación 32: Energía eléctrica consumida por el monobloc noviembre y abril.

$$Energía_{eléctrica\ consumida} = \frac{Energía_{calorífica\ necesaria}}{SCOP} = \frac{141,42}{5,19} = 27,25 \frac{kWh}{mes}$$

- octubre y mayo:

$$Energía_{calorífica_{necesaria}} = (29,73) \cdot \frac{48,57}{100} = 14,44 \frac{kWh}{mes}$$

Ecuación 33: Energía eléctrica consumida por el monobloc en octubre y mayo.

$$Energía_{eléctrica_{consumida}} = \frac{Energía_{calorífica_{necesaria}}}{SCOP} = \frac{14,44}{5,19} = 2,78 \frac{kWh}{mes}$$

Por lo que el consumo total de energía eléctrica por meses tras las medidas propuestas queda de la siguiente forma:

- Enero: 690,18 kWh
- Febrero: 706,18 kWh
- Marzo: 426,72 kWh
- Abril: 492,25 kWh
- Mayo: 293,78 kWh
- Junio: 347,70 kWh
- Julio: 347,70 kWh
- Agosto: 219,00 kWh
- Septiembre: 281,10 kWh
- Octubre: 283,88 kWh
- Noviembre: 471,25 kWh
- Diciembre: 630,72 kWh

Haciendo la simulación de la Instalación fotovoltaica el programa nos incluye la gráfica de la cantidad de energía en kWh que nuestra instalación genera mensualmente en el año 1.

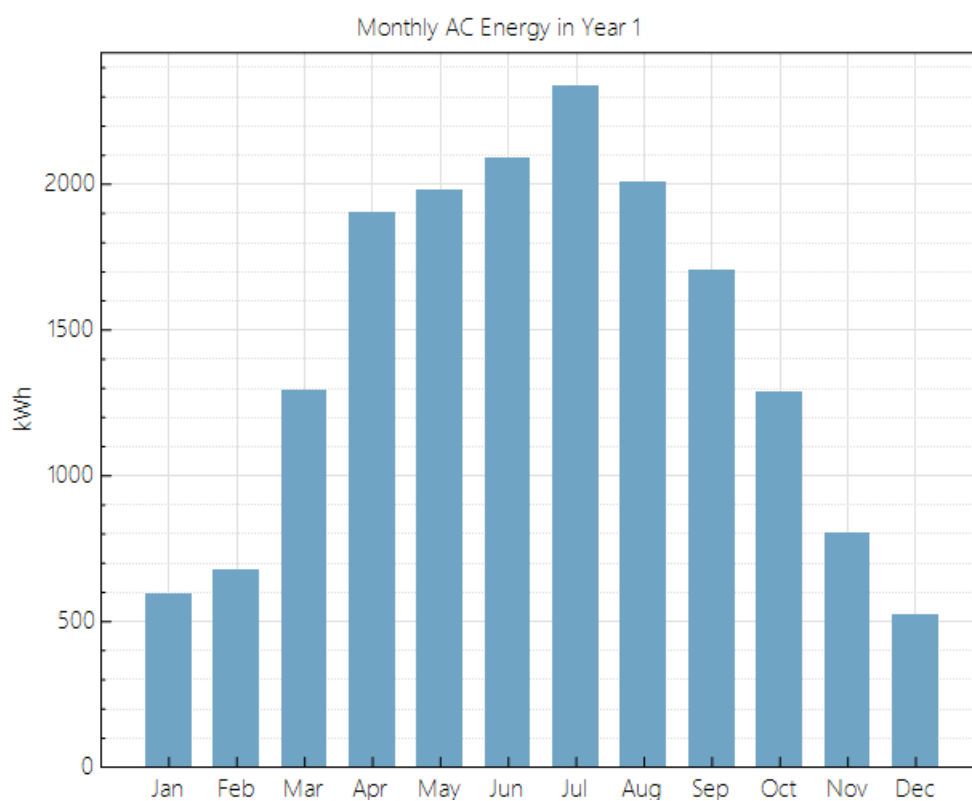


Figura 47: Cantidad de Energía generada en kWh por meses en el año 1. (Elaboración propia-SAM)

El programa también nos proporciona una gráfica que compara la cantidad de energía eléctrica producida en cada mes con la cantidad de energía consumida en cada mes:

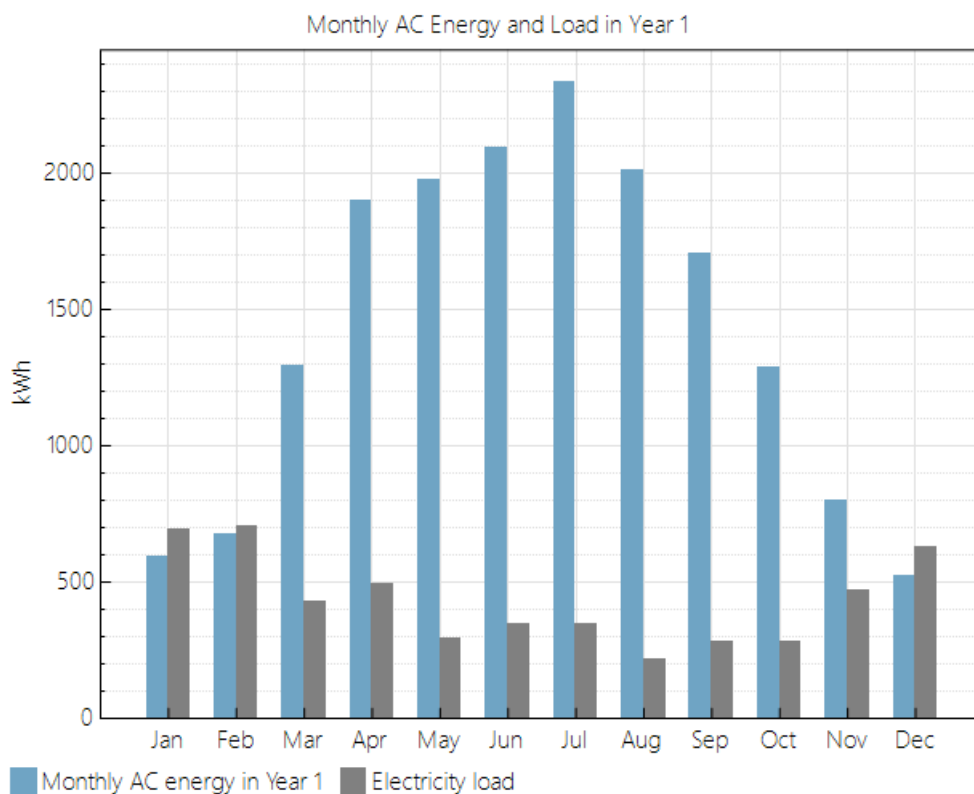


Figura 48: Energía generada vs Energía Consumida en kWh por meses en el año 1. (Elaboración propia-SAM)

5.4 COMPARACIÓN ENTRE EL ESTADO ACTUAL Y MEJORAS PROPUESTAS

5.4.1 RESULTADOS DE HULC

Después de la adición de los aislantes calculados, el cambio en los sistemas de climatización de la casa y de la incorporación de la instalación fotovoltaica, cuyos datos de generación figura 47, han sido añadidos a la herramienta HULC. Los resultados fueron los siguientes:

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019

Calidad de la envolvente térmica

Valores límite

Transmitancia térmica global, K [W/m²K] 0,54 0,63 **CUMPLE**

Demandas del edificio Objeto:

- Calefacción [kWh/m²año] 58,70

- Refrigeración [kWh/m²año] 15,26

Control solar, q_{sol} [kWh/m².mes] 1,44 2,00 **CUMPLE**

Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h] 10,46 - **NO APLICA**

Compacidad [m³/m²] 1,04

Superficie útil de cálculo, A_{útil} [m²] 121,17

Superficie de cerramientos opacos, A_{opacos} [m²] 260,36

Superficie de huecos, A_{huecos} [m²] 14,87

Longitud de puentes térmicos, L_{pt} [m] 204,69

Detalle por componentes:

Huecos Opacos Puentes Térmicos Espacios

Núm.	Nombre	Construcción	Área [m²]	U [W/m²K]	Orientación	% Marco	g _{gl} wi	g _{gl} sh,wi	Cdsm [Wh/m²]	F _{sh} obst	Ganancia _{jul} [kWh/m²]
1	P01_E01_PE001_V	Puerta_vidriera	2,40	1,32	SE	100,00	0,65	1,00	No	0,63	0,00
2	P01_E01_PE004_V1	Ventana_Leroy	1,35	1,65	SO	10,00	0,65	0,20	No	0,57	11,20
3	P01_E03_PE001_V1	Ventana_Leroy	0,68	1,65	O	10,00	0,65	0,20	No	0,80	17,51
4	P01_E04_PE001_V1	Ventana_Leroy	0,68	1,65	O	10,00	0,65	0,20	No	0,80	17,38
5	P02_E01_PE001_V2	Ventana_Leroy	1,35	1,65	SE	10,00	0,65	0,20	No	0,99	20,85
6	P02_E01_PE001_V3	Puerta_exterior	1,50	1,21	SE	100,00	0,65	1,00	No	0,99	0,00
7	P02_E01_PE002_V1	Ventana_Leroy	1,35	1,65	SO	10,00	0,65	0,20	No	1,00	18,60
8	P02_E02_PE001_V1	Ventana_Leroy	1,35	1,65	SE	10,00	0,65	0,20	No	0,99	20,85
9	P02_E03_PE001_V1	Ventana_Leroy	0,68	1,65	NE	10,00	0,65	0,20	No	1,00	14,01
10	P02_E04_PE001_V1	Puerta_vidriera	1,50	1,32	O	100,00	0,65	1,00	No	1,00	0,00
11	P02_E05_PE001_V1	Ventana_Leroy	0,68	1,65	O	10,00	0,65	0,20	No	1,00	21,80
12	P02_E06_PE003_V1	Ventana_Leroy	1,35	1,65	O	10,00	0,65	0,20	No	0,99	21,80

Figura 49: Verificación de los requisitos mínimos de la calidad de la envolvente en sistema con medidas propuestas. (Elaboración propia-HULC)

Podemos observar en la anterior figura, como la adición de los aislamientos, cumple con el valor límite tanto en transmitancia como en control solar.

En cuanto a la verificación de la demanda energética con las medidas propuestas podemos observar como también se cumplen ahora todos los campos como se puede observar en la figura 49, podemos observar que con la adición de la aerotermia y los fancoils, se llega a la potencia necesaria para asegurar el confort de la vivienda en todos los meses del año.

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019

Verificación de Límites HE0, HE4 y HE5 | Resultados de demandas, consumos y emisiones |

HE0

	Consumo	Valores límite	
Consumo EP no renovable [kWh/m².año]	0,00	70,00	CUMPLE
Consumo EP total [kWh/m².año]	80,00	105,00	CUMPLE
Número de horas fuera de consigna	0	350	CUMPLE
Superficie útil de cálculo, Aútil [m²]	121,17		

HE4 y HE5

	Consumo	Valores límite	
Cobertura renovable de la demanda de ACS (%)	100,00	60,00	CUMPLE (*)
Potencia producción eléctrica instalada [kW]	10,00	-	NO APLICA

Tiempo con potencia insuficiente para cumplir consignas con los equipos definidos [h]

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Calefacción	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Refrigeración	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Consumo de los sistemas de sustitución, Cep,tot [kWh/m²]

Sistemas de sustitución: NO ACTIVADOS

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Consumo de EP total de los sistemas de sustitución [kWh/m².año]	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
Calefacción [kWh/m2.mes]	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
Refrigeración [kWh/m2.mes]	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
ACS [kWh/m2.mes]	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
TOTALES [kWh/m2.mes]	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

Funcionamiento fuera de consigna, FC [h]

Número de horas fuera de consigna, Tfc [h] 0

Figura 50: Verificación de los mínimos de demanda energética con las medidas propuestas. (Elaboración propia-HULC)

El computo general de las mejoras planteadas, hace que la vivienda pase a tener una calificación energética de A.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m².año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO2/m².año)
<54.20 A 54.20-87.8 B 87.80-136.10 C 136.10-209.30 D 209.30-375.60 E 375.60-473.20 F =>473.20 G 0,00 A	<12.20 A 12.20-19.9 B 19.90-30.80 C 30.80-47.30 D 47.30-83.70 E 83.70-100.40 F =>100.40 G 0,00 A

Figura 51: Calificación energética obtenida con las medidas propuestas. (Elaboración propia-HULC)

5.4.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA

El objetivo de este apartado es de complementar la información que HULC ofrece sobre la eficiencia energética de la casa, debido a que en la aplicación no permite especificar los datos de consumo reales que tiene la vivienda.

Eficiencia energética de la vivienda actual:

Para el cálculo de esta eficiencia energética, se necesitarán los valores de consumo de la vivienda, así como los factores de emisión de las diferentes energías. En el caso de la leña (si tenemos en cuenta el valor de la independencia de origen) es de $1,617 \frac{kgCO_2eq}{kg}$, en el caso del gasóleo C (fuel oil) es de $2,898 \frac{kgCO_2eq}{L}$ [39] y en el caso de la Red eléctrica española, es de $283 \frac{gCO_2eq}{kWh}$ [40]. También necesitaremos los datos obtenidos en el apartado 4.2.2 de este trabajo.

Así las emisiones de CO₂eq por energía son:

Ecuación 34: Total de emisiones de CO₂eq de la caldera de fuel oil.

$$Total\ Fuel\ oil = 2,90 \left[\frac{kgCO_2eq}{L} \right] \cdot 300 \left[\frac{L}{año} \right] = 869,40 \left[\frac{kgCO_2eq}{año} \right]$$

Ecuación 35: Total de emisiones de CO₂eq de la quema de leña de encina.

$$Total\ Leña = 1,62 \left[\frac{kgCO_2eq}{kg} \right] \cdot 200 \left[\frac{kg}{año} \right] = 323,40 \left[\frac{kgCO_2eq}{año} \right]$$

Ecuación 36: Total de emisiones de CO₂eq de la energía procedente de la red eléctrica

$$Total\ Energía\ RED = 0,28 \left[\frac{kgCO_2eq}{kWh} \right] \cdot 4874,60 \left[\frac{kWh}{año} \right] = 13579,51 \left[\frac{kgCO_2eq}{año} \right]$$

Ecuación 37: Total de emisiones de CO₂eq de la vivienda antes de las medidas propuestas.

$$\begin{aligned} Total_{emisiones} &= Total\ Energía\ RED + Total\ Leña + Total\ Fuel\ oil \\ &= 2572,31 \left[\frac{kgCO_2eq}{año} \right] \end{aligned}$$

La vivienda tiene una dimensión de 121,17 m² lo que equivale a unas emisiones por metro cuadrado de:

$$Total_{emisiones_{m^2}} = \frac{2572,31}{121,17} = 21,23 \left[\frac{kgCO_2eq}{año \cdot m^2} \right]$$

Lo que equivaldría a una eficiencia C en la escala.

Eficiencia energética de la vivienda con mejoras:

En este caso, gracias a la simulación de SAM, sabemos que demandamos de la red un total de 2984,13886 kWh/año y el resto de la energía se auto consume de la instalación, por lo que el total de emisiones es el siguiente:

Ecuación 38: Total emisiones de CO₂eq de la vivienda con las mejoras propuestas.

$$Total_{emisiones} = 0,28 \left[\frac{kgCO_2eq}{kWh} \right] \cdot 2984,14 \left[\frac{kWh}{año} \right] = 844,51 \left[\frac{kgCO_2eq}{año} \right]$$

Lo que por los m² de la casa equivale a:

$$Total_{emisiones_{m^2}} = \frac{844,51}{121,17} = 6,97 \left[\frac{kgCO_2eq}{año \cdot m^2} \right]$$

Lo que equivale a una eficiencia A en la escala, con las mejoras propuestas, se han mejorado 2 letras en la escala de eficiencia energética. Eso es debido a que se ha reducido en un 67% las emisiones de CO₂eq

Ecuación 39: Porcentaje de reducción del CO₂eq de la vivienda.

$$\%Reducción_{CO_2eq} = \left(1 - \frac{844,51}{2572,31} \right) \cdot 100 = 67,17 \%$$

Capítulo 6. ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1 CÁLCULO DEL PRESUPUESTO

En este apartado se calculará el presupuesto total del proyecto para ello necesitaremos recabar información de cuanto nos costarán todos los elementos que necesitaremos en nuestras diferentes instalaciones. Dividiremos el presupuesto en 3 instalaciones distintas, la primera será el aislamiento, la segunda sean los sistemas de climatización y la última será la instalación fotovoltaica.

Presupuesto de los aislamientos:

- Puerta principal: $315,00 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$ [35].
- 2 puertas para el exterior: $363,00 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$ [36].
- 15 ventanas PVC oscilobatientes: $189,00 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$ [34].
- 37 paquetes de 20 placas de Aislante EPS de 6 cm espesor: $67,99 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$ [41].
- 15 paquetes de 60 placas de Aislantes EPS de 2 cm de espesor: $68,99 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$ [42].
- Mano de obra: 30% coste total de la obra.

Presupuesto de los sistemas de climatización:

- Monobloc + 2 Fancoils: $4819,50 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$ [3].
- 4 Fancoils: $813,16 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$ [4].
- Mano de obra aerotermia: 1500,00 € [43].

Presupuesto de la instalación fotovoltaica:

- 17 paneles solares: $113,88 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$ [5].

- Inversor: $1995,00 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$ [6].
- Cables a tierra, de corriente alterna y entre paneles: $114,54 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$ [44], [45], [46].
- Estructuras para paneles: $603,12 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$ [47].
- Contador Bidireccional: $39,99 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$ [48].
- Mano de obra paneles solares: 20% coste total de la instalación[49].

En la siguiente Figura, se puede ver el cálculo total del presupuesto de cada instalación y el coste total de todas las instalaciones:

PRESUPUESTO				
	Descripción	Nº Elementos	Coste/unidad	Coste total
Aislamiento				
Puerta principal	Puerta blindada 205x86,5 cm	1	315,00 €	315,00 €
Puertas exterior	Puerta entrada PVC 200x80 cm	2	363,00 €	726,00 €
Ventanas	Ventana PVC oscilobatiente 75x100 cm	15	189,00 €	2.835,00 €
Aislantes 6 cm espesor	20 placas 0,5 m ² , 6 cm espesor	37	67,99 €	2.515,63 €
Aislantes 2 cm espesor	60 placas 0,5 m ² , 2 cm espesor	15	68,99 €	1.034,85 €
Mano de obra de Aislamiento		1	3.182,78 €	3.182,78 €
Subtotal				10.609,26 €
Aeroterminia				
Monobloc+2 fancoils	Kit fancoil aeroterminia 10kW Aquaris MD	1	4.819,50 €	4.819,50 €
Fancoils	Fancoil Pared 2 tubos	4	813,16 €	3.252,64 €
Mano de obra Aeroterminia		1	1.500,00 €	1.500,00 €
Subtotal				9.572,14 €
Fotovoltaica				
Paneles solares	Panel JA 710W JAM66D46	17	113,88 €	1.935,96 €
Inversor	Inversor Híbrido DEYE Plus 10.000W	1	1.995,00 €	1.995,00 €
Cables necesarios	Cables conexión a tierra, AC, entre paneles	1	114,54 €	114,54 €
Estructura	Estructuras para paneles	1	603,12 €	603,12 €
Contador	Medidor de energía AC Amp Volt 3 fases 4 hilos	1	39,99 €	39,99 €
Mano de obra paneles		1	1.172,15 €	1.172,15 €
Subtotal				5.860,76 €
TOTAL				26.042,16 €

Tabla 2: Cálculo del Presupuesto del Proyecto. (Elaboración Propia)

6.2 ESTUDIO ECONÓMICO

En este apartado se determinará la rentabilidad económica del proyecto para ello, tendremos que calcular el coste normalizado de los productos utilizados en el proyecto, tanto inversiones como gastos, así como el ahorro económico que se tiene en el proyecto al utilizar la instalación fotovoltaica en vez de los antiguos sistemas de obtención de energía de la casa. Los parámetros se calcularán con una vida del proyecto de 25 años.

Cálculo de las Amortizaciones:

La amortización es la cantidad constante por pagar anualmente para que al final de la vida del proyecto se haya restituido la inversión y los intereses. Para el cálculo de esta amortización se necesita determinar el interés de la inversión denominado tasa de descuento (i), que para este proyecto se ha seleccionado de 5%, este es un valor conservador para proyectos de este tipo ya que se ha establecido por el gobierno en el periodo 20-25 una tasa de descuento del 7%. [50]

La amortización se calcula con la siguiente Fórmula[51]:

Ecuación 40: Fórmula de amortización.

$$A = INV \cdot f_a$$

Dónde INV es la inversión del producto y f_a es el factor de amortización anual, se calcula con la siguiente expresión:

Ecuación 41: Fórmula de factor de amortización anual.

$$f_a = \frac{i + (1 + i)^N}{(1 + i)^N - 1}$$

En la fórmula anterior, N, es la vida útil del proyecto.

En este proyecto, se calculará la amortización de los paneles solares y todo el cableado, el inversor, el monobloc de aerotermia, los fancoils y los aislamientos.

Amortización de los aislamientos:

$$f_{a(\text{aislamientos})} = \frac{0,05 + (1 + 0,05)^{25}}{(1 + 0,05)^{25} - 1} = 0,07$$

$$A = INV \cdot f_a = 7.426,48 \cdot 0,07 = 526,93 \text{ €}$$

Amortización de los paneles y cableado:

$$f_{a(\text{paneles y cableado})} = \frac{0,05 + (1 + 0,05)^{25}}{(1 + 0,05)^{25} - 1} = 0,07$$

$$A = INV \cdot f_a = 2.653,52 \cdot 0,07 = 188,28 \text{ €}$$

Amortización del inversor:

$$f_{a(\text{inversor})} = \frac{0,05 + (1 + 0,05)^{15}}{(1 + 0,05)^{15} - 1} = 0,096$$

$$A = INV \cdot f_a = 1.995 \cdot 0,0963 = 192,20 \text{ €}$$

Amortización del Monobloc + 2 fancoils:

$$f_{a(\text{kit monobloc})} = \frac{0,05 + (1 + 0,05)^{15}}{(1 + 0,05)^{15} - 1} = 0,096$$

$$A = INV \cdot f_a = 4.819,5 \cdot 0,0963 = 464,32 \text{ €}$$

Amortización del resto de fancoils:

$$f_{a(\text{fancoils})} = \frac{0,05 + (1 + 0,05)^{15}}{(1 + 0,05)^{15} - 1} = 0,096$$

$$A = INV \cdot f_a = 3252,64 \cdot 0,096 = 313,37 \text{ €}$$

Ahorro en energías utilizadas anteriormente:

Sin las mejoras propuestas, la vivienda tenía un gasto en las energías utilizadas, leña, fuel oil y electricidad. El precio de la Leña es de $0,25 \frac{\text{€}}{\text{kg}}$ [52] mirando las proyecciones de este material en los últimos 5 años, ha crecido a razón de un 1% anual, asumiendo el mismo crecimiento anual para los próximos 25 años. El fuel-oil tiene un precio de $1,269 \frac{\text{€}}{\text{L}}$ [53], con las gráficas del precio de este material en los últimos 5 años, se ha calculado que ha crecido a razón de un 2% anual, para el cálculo se asumirá la misma proyección para los próximos 25 años. La electricidad proveniente de la red tiene un precio de $0,1435 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ [54], y el precio de la electricidad en España ha crecido a razón de un 3% anual mirando el histórico de los últimos 5 años, por lo que se asumirá la misma proyección anual para los próximos 25 años.

(Las gráficas de proyecciones de la variación de los precios de la energía están en el anexo VII)

Teniendo estos datos en cuenta, los cálculos de ahorro son los siguientes:

$$Ahorro_{leña} = 0,25 \left[\frac{\text{€}}{\text{kg}} \right] \cdot 200 \left[\frac{\text{kg}}{\text{año}} \right] = 50 \left[\frac{\text{€}}{\text{año}} \right]$$

Ecuación 42: Proyección del ahorro de leña.

$$Proyección_{ahorro_{leña}} = 50 \cdot (1 + 0.01)^j$$

$$Ahorro_{fueloil} = 1,27 \left[\frac{\text{€}}{\text{L}} \right] \cdot 300 \left[\frac{\text{kg}}{\text{año}} \right] = 380,70 \left[\frac{\text{€}}{\text{año}} \right]$$

Ecuación 43: Proyección del ahorro de gasóleo C.

$$Proyección_{ahorro_{fueloil}} = 380,70 \cdot (1 + 0.02)^j$$

Ecuación 44: Proyección de ahorro de electricidad.

$$Ahorro_{electricidad} = 0,14 \left[\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] \cdot 4.874,60 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right] = 699,51 \left[\frac{\text{€}}{\text{año}} \right]$$

$$Proyección_{ahorro_{electricidad}} = 699,51 \cdot (1 + 0.03)^j$$

j, en las fórmulas anteriores constituye el año j-ésimo.

Cálculo del autoconsumo con compensación de excedentes:

Al igual que en el apartado 5.4.2 se necesitará el dato de electricidad consumida por parte de la red que fueron de $2.984,14 \frac{kWh}{año}$. En el caso de la cantidad de energía que se vierte a la red, según la simulación realizada en la herramienta SAM, son $14.980,65 \frac{kWh}{año}$. El precio de venta de excedente a la red es de $0,06174 \frac{€}{kWh}$ [57], para saber la subida de este precio y calcular su posible proyección se ha comparado este precio con el precio del año pasado, el cual ha aumentado a razón de un 2%, por lo que se asumirá esa proyección anual para los próximos 25 años. Se tendrá en cuenta también a la degradación de los paneles solares que a partir de la simulación en SAM se ha obtenido que es a razón de un 0,5% anual, por lo que la energía que se obtendrá anualmente vertida a la red se verá afectada por este porcentaje. Al haber tanta energía generada por el sistema, la energía consumida de la red no aumenta prácticamente nada a lo largo de los años, si mantenemos los mismos perfiles de demanda. Esto ha sido comprobado en los resultados del análisis con SAM.

Esto hace que tengamos en el año 1:

Ecuación 45: Compensación con excedentes año 1.

compensación_{excedentes}

$$\begin{aligned} &= \left(0,062 \left[\frac{€}{kWh} \right] \cdot 14980,65 \left[\frac{kWh}{año} \right] \right) - \left(0,14 \left[\frac{€}{kWh} \right] \cdot 2984,14 \left[\frac{kWh}{año} \right] \right) \\ &= 496,68 \left[\frac{€}{año} \right] \end{aligned}$$

Y en el año 25 del proyecto:

Ecuación 46: Compensación con excedentes año 25.

$$\begin{aligned} & \text{Proyección}_{\text{autocompensación excedentes}} \\ &= (0,06174 \cdot (1 + 0.02)^{25} \cdot 14980,65 \cdot (1 - 0.005)^{j-1}) \\ & - (0,1435 \cdot (1 + 0.03)^{25} \cdot 2984,14) = 448,54 \left[\frac{\text{€}}{\text{año}} \right] \end{aligned}$$

Por lo que durante toda la vida del proyecto tendremos más generación vertida a la red, que demanda de ella, aun así, la compensación de excedentes no permite ganar un rédito económico de este exceso en generación por lo que el gasto anual en energía será de 0 €, aunque sí tendremos que pagar los gastos fijos de transporte de energía de la red que cargan las comercializadoras, pero este valor, no ha sido tenido en cuenta para el análisis económico del proyecto.

Cálculo del coste de mantenimiento de placas solares y aerotermia:

El precio de mantenimiento de las placas solares sin IVA en un proyecto de estas características es de $160 \frac{\text{€}}{\text{anuales}}$, que con un IVA asociado del 21% son $193,60 \frac{\text{€}}{\text{anuales}}$ [37]. El precio de mantenimiento del sistema de aerotermia para una instalación de las características utilizadas en este proyecto es de $200 \frac{\text{€}}{\text{anuales}}$ [55]. Para la proyección de estos valores a futuro, se ha elegido ajustar el incremento al IPC (índice de precios al consumo) que en los últimos 10 años ha crecido un 25,80% lo que equivale a un 2,50% anual [56], según datos del INE.

Ecuación 47: Proyección gasto mantenimiento en paneles.

$$\text{Proyección}_{\text{gasto mantenimiento paneles}} = 193,60 \cdot (1 + 0.025)^j$$

Ecuación 48: Proyección gasto mantenimiento en aerotermia.

$$\text{Proyección}_{\text{gasto mantenimiento aerotermia}} = 200 \cdot (1 + 0.025)^j$$

Cálculo del coste de reinversión en el inversor y en los sistemas de climatización:

Debido a que la vida útil del inversor y los sistemas de climatización, son menores a la vida total del proyecto, va a hacer falta volver a comprar estos elementos. Para calcular el precio que costarán esos aparatos en el futuro, se ha ajustado el precio al incremento del IPC, a un 2,5% anual.

Ecuación 49: Precio reinversión inversor

$$Precio_{reinversión_{inversor}} = 1.995 \cdot (1,025)^{15} = 2.889,36 \text{ €}$$

Preci

Ecuación 50: Precio reinversión sistemas de calefacción.

$$O_{reinversión_{sistemas_{cal}}} = 8.072,14 \cdot (1,025)^{15} = 11.690,87 \text{ €}$$

Todos estos cálculos vienen reflejados en la siguiente tabla:

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Inversión Inicial	-26.042,16 €												
Amortización aislamientos		526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €
Amortización Monobloc		464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €
Amortización paneles		188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €
Amortización Inversor		192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €
Amortización Fancoil		313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €
Ahorro en gasto en leña		50,00 €	50,50 €	51,01 €	51,52 €	52,03 €	52,55 €	53,08 €	53,61 €	54,14 €	54,68 €	55,23 €	55,78 €
Ahorro en gasto en fueloil		380,70 €	388,31 €	396,08 €	404,00 €	412,08 €	420,32 €	428,73 €	437,30 €	446,05 €	454,97 €	464,07 €	473,35 €
Ahorro en Electricidad		699,51 €	720,49 €	742,10 €	764,37 €	787,30 €	810,92 €	835,25 €	860,30 €	886,11 €	912,70 €	940,08 €	968,28 €
Consumo y venta excedentes		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Mantenimiento de placas		-193,60 €	-198,44 €	-203,40 €	-208,49 €	-213,70 €	-219,04 €	-224,52 €	-230,13 €	-235,88 €	-241,78 €	-247,82 €	-254,02 €
Mantenimiento Aerotermia		-200,00 €	-205,00 €	-210,13 €	-215,38 €	-220,76 €	-226,28 €	-231,94 €	-237,74 €	-243,68 €	-249,77 €	-256,02 €	-262,42 €
Compra Inversor													
Compra Monobloc													
Compra Fancoils													
Flujo de caja total	-26.042,16 €	2.421,70 €	2.440,96 €	2.460,76 €	2.481,12 €	2.502,05 €	2.523,57 €	2.545,70 €	2.568,45 €	2.591,84 €	2.615,90 €	2.640,64 €	2.666,08 €
Flujo de caja acumulado	-26.042,16 €	-23.620,46 €	-21.179,49 €	-18.718,73 €	-16.237,61 €	-13.735,56 €	-11.211,99 €	-8.666,29 €	-6.097,85 €	-3.506,01 €	-890,11 €	1.750,53 €	4.416,61 €

	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25
Inversión Inicial													
Amortización aislamientos	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €	526,93 €
Amortización Monobloc	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €	464,32 €
Amortización paneles	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €	188,28 €
Amortización Inversor	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €	192,20 €
Amortización Fancoil	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €	313,37 €
Ahorro en gasto en leña	56,34 €	56,90 €	57,47 €	58,05 €	58,63 €	59,22 €	59,81 €	60,41 €	61,01 €	61,62 €	62,24 €	62,86 €	63,49 €
Ahorro en gasto en fueloil	482,82 €	492,48 €	502,33 €	512,37 €	522,62 €	533,07 €	543,73 €	554,61 €	565,70 €	577,01 €	588,55 €	600,33 €	612,33 €
Ahorro en Electricidad	997,33 €	1.027,25 €	1.058,06 €	1.089,81 €	1.122,50 €	1.156,18 €	1.190,86 €	1.226,59 €	1.263,38 €	1.301,29 €	1.340,32 €	1.380,53 €	1.421,95 €
Consumo y venta excedentes	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 €
Mantenimiento de placas	-260,37 €	-266,88 €	-273,55 €	-280,39 €	-287,40 €	-294,59 €	-301,95 €	-309,50 €	-317,24 €	-325,17 €	-333,30 €	-341,63 €	-350,17 €
Mantenimiento Aerotermia	-268,98 €	-275,70 €	-282,59 €	-289,66 €	-296,90 €	-304,32 €	-311,93 €	-319,73 €	-327,72 €	-335,92 €	-344,31 €	-352,92 €	-361,75 €
Compra Inversor			-2.889,35 €										
Compra Monobloc			-6.980,07 €										
Compra Fancoils			-4.710,79 €										
Flujo de caja total	2.692,24 €	2.719,14 €	-11.833,40 €	2.775,28 €	2.804,55 €	2.834,65 €	2.865,62 €	2.897,47 €	2.930,23 €	2.963,94 €	2.998,60 €	3.034,27 €	3.070,95 €
Flujo de caja acumulado	7.108,84 €	9.827,99 €	-2.005,42 €	769,86 €	3.574,41 €	6.409,06 €	9.274,68 €	12.172,15 €	15.102,38 €	18.066,32 €	21.064,92 €	24.099,19 €	27.170,14 €

Tabla 3: Cálculo del estudio económico del proyecto. (Elaboración Propia)

Con esta información del estudio del proyecto se calcularán los índices de rentabilidad del proyecto, VAN, TIR y Retorno de Inversión:

VAN	4.238,38 €
TIR	7%
PAYBACK	10,33708071

Tabla 4: Índices de inversión del proyecto. (Elaboración Propia)

Como se puede ver en la anterior figura, el VAN del proyecto sale de 4.238,38€, en cuanto al TIR (tasa interna de rentabilidad) nos dice la tasa interna que anula el VAN, como en este caso el TIR (7%), es mayor que el VAN, el proyecto es rentable con la tasa de descuento que hemos aplicado, en cuanto al periodo del retorno nos salen 10 años y 4 meses, significando el tiempo que se necesita para cubrir la inversión inicial, en los proyectos se busca que el retorno de la inversión sea de 1/3 de la vida total del mismo, en nuestro caso es un poco superior a este valor aun así se recupera antes de la mitad de la vida del proyecto. Por todo ello, podemos concluir que el proyecto es rentable en base a los índices de rentabilidad utilizados (VAN, TIR y Retorno de Inversión).

Capítulo 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Para concluir, se puede afirmar que se han cumplido todos los objetivos planteados al inicio de este proyecto.

En primer lugar se planteaba buscar el número de placas solares y la cantidad de placas que se pondrían en la vivienda, en este trabajo se calculó que el número de placas solares óptimas para el espacio limitado que requeríamos son las placas solares de 710 W de la marca JA Solar, el modelo JAM66D46 LB bifacial, se seleccionó este modelo ya que debido al limitado espacio se podía construir una instalación con mayor capacidad y eran una ventaja frente a otros paneles solares de la misma capacidad debido a su precio $113,88 \frac{\text{€}}{\text{unidad}}$. Con el espacio útil que se disponía 53 m^2 , se calculó la cantidad de paneles solares que se necesitarían. Estos fueron 17 debido a las dimensiones del panel

En segundo lugar, se planteó el análisis y la mejora en las instalaciones actuales de la vivienda, para conseguir una mejora en la eficiencia energética de la vivienda, se calculó la cantidad de aislante EPS que se necesitaba en cada cerramiento de la casa, estos fueron 5,5 cm para muros exteriores, 1,6 cm para las paredes interiores, 4 mm para el entresuelo, 7 cm para el suelo y 1,5 cm para el techo. Estos cambios afectaron a la transmitancia térmica global de la vivienda que se redujo de $1,69 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$ a $0,54 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$. Por otro lado, con la adición de puertas, ventanas y la eliminación de la parte de muro que era vidriera de la casa se consiguió reducir el control solar, q, pasando de $10,68 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{mes}}$ a $1,69 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{mes}}$. Todas estas mejoras propuestas consiguieron bajar la cantidad de energía necesaria para alcanzar un nivel de confort en un 48,57%. También se cambiaron todos los sistemas de calefacción de la vivienda por un sistema de aerotermia y fancoils que consiguieron reducir el consumo de energía total de la casa de $8.249,72 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$ a $5.190,46 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$.

En tercer lugar, se calculó la mejora de eficiencia energética de la vivienda de 2 formas la primera con la herramienta HULC, que determinó que la eficiencia energética de la casa

estaba en una clase E y que, con las mejoras planteadas ascendía a una clase A. La segunda forma de cálculo de la eficiencia energética de la casa fue mediante el cálculo de emisiones de CO_{2eq}, que, según los datos de consumo, fueron de $21,23 \left[\frac{kgCO_{2eq}}{año \cdot m^2} \right]$ lo que equivaldría a una clase C y que con las medidas propuestas estas emisiones de CO_{2eq} se reducían a $6,97 \left[\frac{kgCO_{2eq}}{año \cdot m^2} \right]$, lo que equivaldría a una clase A.

En último lugar se calculó la viabilidad económica del proyecto, la cual nos salió un VAN de 4.238,88 € con una tasa de descuento de 5%, un TIR de 7% y un Retorno de Inversión en 10 años y 4 meses, para el cálculo de estos índices de inversión del proyecto se tuvo en cuenta las proyecciones económicas de los diferentes gastos, así como las reinversiones de algunos elementos clave del proyecto como los sistemas de climatización o el inversor, cuyos precios fueron ajustados al IPC $2,50 \frac{\%}{anual}$.

Aunque todos los objetivos fueron cumplidos, cabe destacar que hay algunas ideas que se plantearon que no se llegaron a calcular, estas son, la adición de baterías para el almacenamiento de la energía eléctrica generadas por los paneles solares, o la adición de un suelo radiante, en lugar de aplicar el aislante en el suelo y el entresuelo. Por otro lado, para obtener un resultado más preciso de la cantidad de energía que consume la casa, y ajustar mejor todos los modelos empleados, convendría tener más datos de consumo de la casa para que los datos de consumos fueran más fieles a la realidad y se pudiera calcular mejor la eficiencia energética actual de la vivienda.

En un primer momento, con el exceso de generación que la vivienda tiene, se planteó la venta de ese exceso de energía a la red, ya que reportaría una gran cantidad de dinero extra que haría que el proyecto fuese aún más rentable, sin embargo, esta idea se descartó debido a la cantidad de potencia instalada que en caso de este proyecto fue de 10kW inferior a la potencia mínima para acogerse a la no compensación que es de 100kW.

Otra forma de mejorar la viabilidad económica del proyecto es optimizar el tamaño de la instalación fotovoltaica manteniendo una compensación con excedentes que siga dando un total de 0€ en la factura, pero con una energía en exceso más cercana al consumo. Con esta

disminución en el tamaño de la instalación, se consigue tener una inversión inicial menor, permitiendo el mismo ahorro, por lo que el proyecto tendría un retorno de inversión menor.

Por último, cabe recalcar que, debido a la viabilidad del proyecto y a la mejora en la eficiencia energética, se recomienda a los propietarios del inmueble a realizar los cambios propuestos en este Trabajo de Fin de Grado.

Capítulo 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «El Acuerdo de París | CMNUCC». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>
- [2] «Aeroterminia: qué es, cómo funciona y sus ventajas». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/aeroterminia/index.cshtml>
- [3] «Comprar Kit Fancoil Aeroterminia para Calefacción 10kW Aquaris MD: precio». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.es/aeroterminia-con-fancoils/kit-fancoil-aeroterminia-para-calefaccion-10kw-aquaris-md>
- [4] «Fancoil Pared 2 Tubos 3810W frío / 5080W calor». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.es/fancoils-pared/fancoil-pared-2-tubos-3810w-frío-5080w-calor>
- [5] «Panel JA 710W JAM66D46 LB Bifacial», Efecto Solar. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://efectosolar.es/tienda/paneles-solares/panel-ja-710w-jam66d46-lb-bifacial/>
- [6] «Inversor híbrido RED-HIB DEYE SUN V.01 AM2 HP T/F 10 kW | Leroy Merlin», Leroy Merlin - Bricolaje, Decoración, Hogar, Jardín. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.leroymerlin.es/productos/inversor-hibrido-red-hib-deye-sun-v-01-am2-hp-t-f-10-kw-89341208.html>
- [7] «Historia». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/QueEsCTE/Historia.html>
- [8] «Objetivos de Desarrollo Sostenible | Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

-
- 123

- [16] «¿Qué es un regulador de carga? | Blog AutoSolar». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga>
- [17] «¿Qué es el autoconsumo? | Idae». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/oficina-de-autoconsumo/que-es-el-autoconsumo>
- [18] «03 Conducción estacionaria 1D».
- [19] «15 Introducción y Convección forzada flujo externo placa plana».
- [20] «11 Radiación Teoría».
- [21] «¿Qué es el aislamiento térmico y que beneficios tiene?», REPSOL. Accedido: 8 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/aislamiento-termico/index.cshml>
- [22] «DBHE.pdf». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>
- [23] «(Microsoft Word - DA-DB-HE-1 - C\341culo de par\341metros caracter\355sticos_conRadiacionSolar_enero2020.docx)». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA_DB-HE-1_Calculo_de_parametros_caracteristicos_de_la_envolvente.pdf
- [24] «DccHS.pdf». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DccHS.pdf>
- [25] Ministerio para la Transición Ecológica, *Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica*, vol. BOE-A-2019-5089. 2019, pp. 35674-35719. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/04/05/244>

- [26] «Subvenciones y ayudas para placas solares en 2025», REPSOL. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.repsol.es/particulares/asesoramiento-consumo/subvenciones-placas-solares/>
- [27] «TFG-ChaconGarciaLuis.pdf». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/61430/1/TFG-ChaconGarciaLuis.pdf>
- [28] N. M. Martínez y C. F. Kronberg, «DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE AUTOCONSUMO PARA UNA NAVE INDUSTRIAL EN ALCOY, ALICANTE».
- [29] I. J. H. Torroba y J. L. B. García, «ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN UN EDIFICIO DE UNA COMUNIDAD DE VECINOS».
- [30] «TAZ-TFG-2021-063.pdf». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/101721/files/TAZ-TFG-2021-063.pdf>
- [31] Abraham, «Redescubriendo la leña: el combustible», Nergiza. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://nergiza.com/redescubriendo-la-lena-el-combustible/>
- [32] «Chimenea abierta tradicional frente a chimenea moderna: las ventajas de las tecnologías actuales», MCZ. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://www.mcz.it/es/chimenea-abierta-frente-a-chimenea-moderna>
- [33] «APENDICE IV». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/4/t0269s/T0269S14.htm>
- [34] «Ventana PVC blanca oscilobatiente 75x100 cm | Leroy Merlin», Leroy Merlin - Bricolaje, Decoración, Hogar, Jardín. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible

en: <https://www.leroymerlin.es/productos/ventana-pvc-blanca-oscilobatiente-75x100-cm-83614857.html>

[35] «Puerta blindada de interior derecha de 205x86.5 cm (Envío gratis) | Leroy Merlin», Leroy Merlin - Bricolaje, Decoración, Hogar, Jardín. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.leroymerlin.es/productos/puerta-blindada-de-interior-derecha-de-205x86-5-cm-envio-gratis-17567676.html>

[36] «Puerta de entrada PVC Sevilla cristal blanca izquierda 200x80 cm | Leroy Merlin», Leroy Merlin - Bricolaje, Decoración, Hogar, Jardín. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.leroymerlin.es/productos/puerta-de-entrada-pvc-sevilla-cristal-blanca-izquierda-200x80-cm-84630538.html>

[37] «Ficha-Tecnica-Aquaris-MD-Monobloc-4-16kW». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.autosolar.es/pdf/fichas-tecnicas/Ficha-Tecnica-Aquaris-MD-Monobloc-4-16kW.pdf>

[38] «airefrio.com/amfile/file/download/file/9/product/15994/». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.airefrio.com/amfile/file/download/file/9/product/15994/>

[39] «guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf

[40] «Factor de emisión de la energía eléctrica: el mix eléctrico», Cambio climático. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: http://canviclimatic.gencat.cat/es/actua/factors_demissio_associats_a_lenergia/

[41] «20 placas EPS DANOTHERM 100x50x6cm | Leroy Merlin». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.leroymerlin.es/productos/20-placas-eps-danotherm-100x50x6cm-83614039.html>

- [42] «60 placas EPS DANOTHERM 100x50x2cm | Leroy Merlin», Leroy Merlin - Bricolaje, Decoración, Hogar, Jardín. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.leroymerlin.es/productos/60-placas-eps-danotherm-100x50x2cm-83614033.html>
- [43] «Precio de la Aerotermia ▷ ¿Cuánto cuesta la instalación? | 2025». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://propanogas.com/alternativas/aerotermia/precio-instalacion>
- [44] «Bricable Cable unipolar Fase (H07Z1-K, Número de cables: 1, 2,5 mm², 100 m, Marrón) | BAUHAUS». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.bauhaus.es/cables-de-pvc/bricable-cable-unipolar-fase/p/25115703>
- [45] «H07Z1-K 4mm Negro | Cable Libre de Halógenos 750V», Brico Electrico. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.bricoelectrico.com/h07z1-k/142907-hilo-flexible-750v-h07z1-k-4mm-libre-halogeno-negro-8428722058789.html>
- [46] «Rollo Cable Unifilar 6mm² H1Z2Z2-K 10m negro | AutoSolar». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.es/cable-unifilar/rollo-cable-unifilar-6mm2-h1z2z2-k-10m-negro>
- [47] «Estructura 3 Pan. 30-45mm Coplanar Varilla Falcat | AutoSolar». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.es/estructuras-cubierta-teja/estructura-3-paneles-coplanar-varilla-falcat>
- [48] «KETOTEK Contador Trifásico Carril DIN Vatímetro de Medida Bidireccional Multifuncional Visualización Trifásica de Consumo de Energía Import, Export y kWh Total, 3 x 230V/400V, 50/60Hz DTS331 : Amazon.es: Bricolaje y herramientas». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.amazon.es/KETOTEK-Trif%C3%A1sico-Bidireccional-Multifuncional-Visualizaci%C3%B3n/dp/B0B827KPC6?>

- [49] «Guia sobre los precios de placas solares FV en 2024», SolarPlus.es. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://solarplus.es>
- [50] E. pasado viernes 22 de noviembre el C. de M. aprobó el R. D.-L. estableciendo 7, 09% Como La Tasa De Rentabilidad Para El Periodo 2020-25, y tal y como había propuesto la C. en 2018 utilizando la metodología del coste medio del capital pv magazine, «La columna de UNEF: Más renovables son menos costes para todos», pv magazine España. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.pv-magazine.es/2019/11/28/la-columna-de-unef-mas-renovables-son-menos-costes-para-todos/>
- [51] «Viabilidad economica PFCs_2024_25».
- [52] «Tarifas | Precios Leña | Comprar Leña en Madrid | Venta de Leña en Villalba | Leña en Guadarrama». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.maderaslacima.com/tarifas.html>
- [53] «Precio Gasoil Calefacción 2025 | Actualizados a diario». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://preciogas.com/instalaciones/calefaccion/gasoleo>
- [54] «Precio de la luz hoy por horas - 9 de JULIO 2025 - Iberdrola». Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.iberdrola.es/luz/precio-luz-hoy>
- [55] «¿Cuánto cuesta el mantenimiento de la aerotermia? Precios y presupuesto», <https://www.habitissimo.es/>. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.habitissimo.es/presupuestos/reparar-aerotermia>
- [56] «Cálculo de variaciones del Índice de Precios de Consumo», INE. Accedido: 9 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.ine.es/varipc/verVariaciones.do?idmesini=5&anyoini=2015&idmesfin=5&anyofin=2025&ntipo=1&enviar=Calcular>

ANEXO I: CERTIFICADO DE ANTIGÜEDAD DE LA VIVIENDA



CERTIFICADO DE ANTIGÜEDAD DE VIVIENDA
CALLE BUENAVISTA Nº 23
28189 - PATONES, MADRID

II. INFORMACIÓN PREVIA Y ANTECEDENTES

1. LOCALIZACIÓN

El inmueble, como ya se ha mencionado, se encuentra situado en la calle Buenavista nº 23, 28189 – Patones, Madrid.

La referencia catastral es: 8442701VL528450002IE.

Situación del inmueble





CERTIFICADO DE ANTIGÜEDAD DE VIVIENDA
CALLE BUENAVISTA Nº 23
28189 PATONÉS, MADRID



La parcela donde se ubica el inmueble tiene una superficie gráfica de 133 m², según catastro.

Ésta se trata de una parcela de clase urbana y con uso principal residencial.

El inmueble objeto del presente informe tiene una superficie construida total de 159 m² (según catastro).



CERTIFICADO DE ANTIGÜEDAD DE VIVIENDA
CALLE BUENAVISTA Nº 23
28189 - PATONES, MADRID

2. ANTECEDENTES

En fecha 23 de diciembre de 1970 se redacta el proyecto de Reconstrucción de Vivienda Unifamiliar elaborado por los arquitectos F. Fuster Clavero y F. Fuster de la Mata. (ANEXO I)

Se realiza la construcción de la vivienda, según catastro en el año 1978, añadiendo una planta más al proyecto presentado, pero sin alterar el volumen.

En fecha 17 de septiembre de 2007 se presenta ante el Ayuntamiento de Patones la solicitud del Certificado de Antigüedad y Legalidad urbanística de la vivienda. La solicitud la presenta Faustino Oliva Mayo, copropietario de la finca.

El 26 de septiembre de 2007 se expide Informe por el Técnico Municipal en el que se dice:

“Según los datos que figuran en el archivo municipal, la finca que se cita y la edificación que contiene, tienen una antigüedad superior a veinte años, no existiendo expediente de infracción urbanística en curso”. (ANEXO II)

3. SITUACIÓN URBANÍSTICA

3.1 Descripción de la parcela

El inmueble objeto de la presente memoria se encuentra situado en la parcela ubicada al final de una ramificación de la calle Buenavista.

La parcela está compuesta por la vivienda, de dos plantas y por un espacio libre de jardín.

La parcela tiene un frente a la calle de 14,25 metros y un fondo de 9,65 metros.

Como ya se ha expresado, el objeto de la presente memoria es certificar la antigüedad y establecer el estado actual de la vivienda, construida, según catastro, en 1978, constando ya de dos plantas y, por lo tanto, habiendo prescrito las obras realizadas sin su preceptiva licencia.

III. DESCRIPCIÓN DEL INMUEBLE

1. DESCRIPCIÓN VIVIENDA

La visita se realizó el 19 de abril de 2023, previa cita con la propiedad. Ésta constó de una inspección visual por las diferentes estancias del inmueble, comprobando el estado actual del mismo.

La vivienda tiene su acceso, como ya se ha mencionado, a través del número 23 de la calle Buenavista. El acceso es peatonal y se realiza a través de una puerta que entra al espacio libre de parcela y posteriormente comunica con la puerta de acceso a la vivienda.

La entrada principal a la vivienda se realiza por la planta superior; en ésta encontramos el salón, la cocina, el baño y tres dormitorios. Todas las estancias cuentan con iluminación y ventilación natural.

El acceso a la planta inferior se realiza por el dormitorio 3, al final del pasillo, a través de unas escaleras.

En la planta inferior encontramos una sala de estar – comedor, un dormitorio y un aseo. De la misma manera, todas las estancias cuentan con iluminación y ventilación exterior.

La sala de estar tiene en su fachada principal unas ventanas que dan al jardín al que se sale por la puerta ubicada en el centro.

En el jardín encontramos unos armarios-almacén y las escaleras que suben a la planta superior a nivel de calle.

A continuación, se expone el cuadro de superficies de la vivienda:

	SUP. ÚTIL (m²)	SUP. CONSTRUIDA (m²)
PLANTA PRIMERA		
Salón	18,45	23,38
Cocina	6,85	9,03
Dormitorio 1	9,85	12,94
Dormitorio 2	9,5	11,26
Dormitorio 3	8,7	13,9
Pasillo 1	2,8	3,28
Baño	3,3	5,29
TOTAL PLANTA	59,45	79,08



CERTIFICADO DE ANTIGÜEDAD DE VIVIENDA

CALLE BUENAVISTA Nº 23
28189 PATONÉS, MADRID

PLANTA BAJA		
Sala de Estar	43,5	54,35
Dormitorio 4	11,35	13,32
Pasillo 2	2,25	3,58
Aseo	3,65	4,79
TOTAL PLANTA	60,75	76,04
Escalera	1,9	3,42
TOTAL VIVIENDA	122,1	158,54

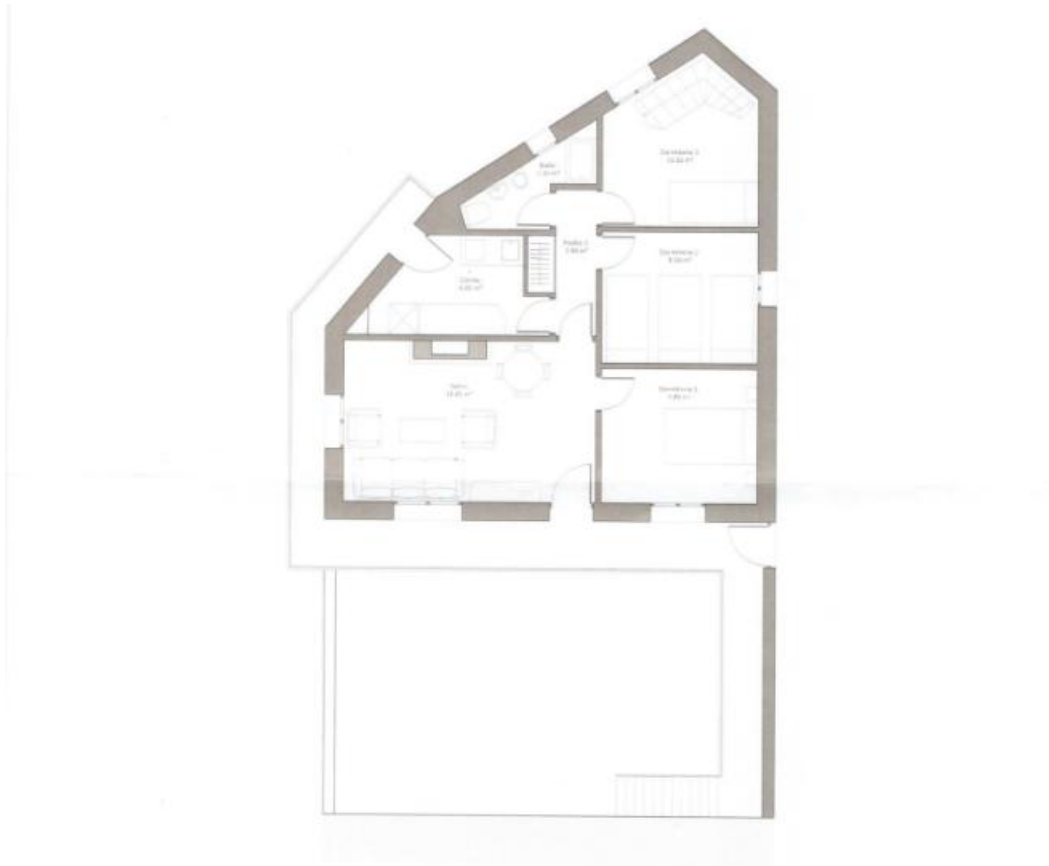
2. CONCLUSIÓN

En definitiva, tras la visita realizada al inmueble y la definición de la situación actual del mismo, una vez analizadas sus características definidas en la documentación escrita y gráfica, anexada a esta memoria, la técnico que suscribe puede concluir que el inmueble es el que se describe y especifica para su CERTIFICADO DE ANTIGÜEDAD según su ESTADO ACTUAL.

En Madrid a 11 de septiembre de 2023

PINILLA CLEMENTE
GLORIA MARIA -
760404765

Gloria Mª Pinilla Clemente
Nº Colegiado COAM 24201



CERTIFICADO DE ANTIGÜEDAD DE VIVIENDA

PLANTA PRIMERA

P.02

Nota: Nota

El presente documento, al estar de su propiedad, deberá ser guardado en un lugar seguro. El contenido de este documento es confidencial y no debe ser divulgado a terceros. El contenido de este documento es confidencial y no debe ser divulgado a terceros. El contenido de este documento es confidencial y no debe ser divulgado a terceros.

SITUACIÓN

CALLE BUENAVISTA 23, 28189
PATEROS, MADRID

PROMOTOR

FAUSTINO OLIVA MAYO

FECHA

1/05/2023

ESCALA

1/75

Firma: EL ARQUITECTO

URBANISMO2

ANEXO II: FICHAS TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS DE LA VIVIENDA

Ficha Técnica de la caldera de Gas (34 DRY):

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

		DRY 20	DRY 27	DRY 32	DRY 40	DRY 50	DRY 60	DRY 70	DRY 80
CAPACIDAD	kW	20,9	30,6	34,9	46,5	58,1	69,8	81,4	93,3
TÉRMICA ÚTIL	kcal/h	18000	26300	30000	40000	50000	60000	70000	80200
CAPACIDAD	kW	23,3	34,0	38,6	51,4	64,1	77,2	89,7	103,2
TÉRMICA NOMINAL	kcal/h	20000	29200	33200	44200	55100	66400	77100	88800
CAPACIDAD	kW	15,1	24,3	24,4	32,5	40,5	48,8	57,0	73,2
ÚTIL REGULABLE HASTA	kcal/h	13000	20900	21000	28000	34800	42000	49000	63000
Nº EL		2	3	3	4	5	6	7	8
CONTENIDO AGUA	lt	11	14	14	17	20	23	26	29
LONGITUD CÁM. COMB.	mm	286	386	386	486	586	686	786	886
LONGITUD CÁM. COMB.	mm	260x310	260x310	260x310	260x310	260x310	260x310	260x310	260x310
PRESIONES DE UTILIZACION	bar	4	4	4	4	4	4	4	4
PÉRD.CARGA CÁM. COMB.	Δp mbar	0,12	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20
VOLUMEN CÁM. COMB.	lt	12,09	20,15	20,15	28,21	36,27	52,39	60,45	68,51
PÉRDIDAS DE CARGA DE	Δt 10	1	1,8	1,8	4,2	7,2	11	15	20
AGUA	Δt 20				1	1,6	2,3	3,3	4,5
PESO CUERPO	kg	80	105	107	130	155	180	205	230

NOTA: - La temperatura máxima de utilización del agua de la calefacción de la instalación es de 90 °C.
- La temperatura mínima de utilización del agua de la calefacción de la instalación es de 45 °C.

Ficha técnica acumulador WELCOME 50L:



3 AÑOS
GARANTÍA
EN LA CUBA



VITRIFICADO
ALTA CALIDAD



RESISTENCIA BLINDADA
SUMERGIDA



AISLAMIENTO DE
ALTA DENSIDAD



DIFUSOR ANTITURBULENCIAS,
PARA UN MENOR CONSUMO



TERMOSTATO Y
TERMÓMETRO



PILOTO LUMINOSO DE
FUNCIONAMIENTO

(Incluye: válvula de seguridad, manguitos dieléctricos, cable de conexión y clavija)

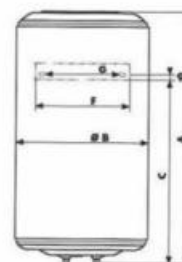
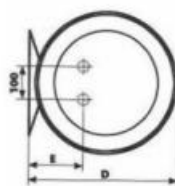
*Se requiere revisión anual de ánodo.

DATOS TÉCNICOS / INSTALACIÓN VERTICAL

Modelo	Código	Capacidad (L)	Potencia (W)	Tensión (V)	Peso (Kg)	Tiempo de calentamiento (65°C, Δt=50°C)	Tomas	ERP	Perfil
WELCOME 50	941305	50	1500	230	15	1h 56 min	1/2"	C	M
WELCOME 80	951292	75	1500	230	21	2h 55 min	1/2"	C	L
WELCOME 100	961305	100	1500	230	23	3h 53 min	1/2"	C	L

DIMENSIONES

MODELO	A	B	C	D	E	F	G
WELCOME 50	612	433	380	451	165	300	240
WELCOME 80	859	433	590	451	165	300	240
WELCOME 100	1021	433	740	451	165	300	240



Radiadores BAXI clásico N61-4:

			CLÁSICO					CLÁSICO CON PATAS				
			N33-4	N46-4	N61-4	N80-4	N95-4	N33-4	N46-4	N61-4	N80-4	N95-4
Dimensiones	Alto	mm	288	420	570	720	870	352	484	634	784	934
	Ancho	mm	50	50	50	55	55	50	50	50	55	55
	Profundo	mm	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Potencia por elemento $\Delta T = 50^\circ$		W	41,6	59	76,7	99,7	117,6	41,6	59	76,7	99,7	117,6

ANEXO III: CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ACTUAL

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Patones_Actual		
Dirección	C/Buenavista 23 - - - -		
Municipio	Patones	Código Postal	Código Postal
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	1960 - 1979
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	- Seleccione de la lista -		
Referencia/s catastrales	8442701VL528450002IE		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

☐ Edificio de nueva construcción	☒ Edificio Existente
☒ Vivienda ☒ Unifamiliar ☐ Bloque ☐ Bloque completo ☐ Vivienda individual	☐ Terciario ☐ Edificio completo ☐ Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Nombres Apellido1 Apellido2	NIF/NIE	CIF
Razón social	Razón Social	NIF	-
Domicilio	Nombre calle - - - - -		
Municipio	Localidad	Código Postal	Código postal
Provincia	- Seleccione de la lista -	Comunidad Autónoma	- Seleccione de la lista -
e-mail:	-	Teléfono	-
Titulación habilitante según normativa vigente	-		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2525.1181, de fecha 16-abr-2025		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)
<54.20 A 54.20-87.8 B 87.80-136.10 C 136.10-209.30 D 209.30-375.60 E 375.60-473.20 F =>473.20 G 273,46 E	<12.20 A 12.20-19.9 B 19.90-30.80 C 30.80-47.30 D 47.30-83.70 E 83.70-100.40 F =>100.40 G 68,99 E

ANEXO II
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	Certificación Existente
----------------	----	-----	-------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

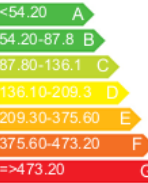
INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
<12.20 A 12.20-19.9 B 19.90-30.80 C 30.80-47.30 D 47.30-83.70 E 83.70-100.40 F =>100.40 G	56,95 E	CALEFACCIÓN		ACS		
		Emisiones calefacción (kgCO2/m2 año)	D	Emisiones ACS (kgCO2/m2 año)	G	
		31,07		23,38		
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
	Emisiones globales (kgCO2/m2 año)1		Emisiones refrigeración (kgCO2/m2 año)	B	Emisiones iluminación (kgCO2/m2 año)	-
			2,50		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² .año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	2,50	303,04
Emisiones CO ₂ por combustibles fósiles	54,45	6596,69

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
 <54.20 A 54.20-87.8 B 87.80-136.1 C 136.10-209.3 D 209.30-375.60 E 375.60-473.20 F =>473.20 G	214,13 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m2año)	D	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m2año)	G
		110,74		88,62	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
	Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m2año)	C	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m2año)	-	
	14,76		0,00		
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m2año) 1					

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<28.90 A 28.90-46.8 B 46.80-72.60 C 72.60-111.60 D 111.60-178.30 E 178.30-208.60 F =>208.60 G	132,39 E	<10.00 A 10.00-14.3 B 14.30-20.40 C 20.40-29.70 D 29.70-36.70 E 36.70-45.10 F =>45.10 G	19,10 C
Demanda de calefacción (kWh/m2año)		Demanda de refrigeración (kWh/m2año)	

1 El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

Fecha de generación del documento

13/06/2025

Ref. Catastral

8442701VL528450002IE

Página 5 de 7

ANEXO IV: FICHAS TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS

PROPUESTOS

Ficha Técnica Aquaris monobloc MD 10:

DATOS TÉCNICOS							
AQUARIS MD MONOBLOC		MD 04	MD 06	MD 08	MD 10	MD 12	
DATOS ELÉCTRICOS							
Alimentación		V-ph-Hz	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50
Corriente máx. absorbida		A	12	14	16	17	25
REFRIGERACIÓN							
A35/W18	Potencia frigorífica	kW	4,5	6,5	8,3	9,9	12
	SEER	kWh/kWh	7,77	8,21	8,95	8,78	7,1
A35/W7	Potencia frigorífica	kW	4,7	7	7,45	8,2	11,5
	SEER	kWh/kWh	4,99	5,34	5,83	5,98	4,89
CALEFACCIÓN							
A7/W35	Potencia térmica	kW	4,2	6,35	8,4	10	12,1
	SCOP (Clima medio / cálido)	kWh/kWh	4,85 / 6,46	4,95 / 6,57	5,22 / 6,99	5,19 / 7,09	4,81 / 6,48
A7/W55	Potencia térmica	kW	4,4	6	7,5	9,5	11,9
	SCOP (Clima medio / cálido)	kWh/kWh	3,31 / 4,15	3,52 / 4,21	3,36 / 4,50	3,47 / 4,62	3,45 / 4,43
Eficiencia energética W35/W55		Clase	A+++/A++	A+++/A++	A+++/A++	A+++/A++	A+++/A++
DIMENSIONES Y PESO							
Dimensiones (Alt x Ancho x Profundo)		mm	792 x 1.295 x 429		945 x 1.385 x 526		
Peso neto/bruto		kg	98 / 121		121 / 148		144 / 170
NIVEL SONORO							
Potencia sonora		dB(A)	55	58	59	60	65
REFRIGERANTE							
Tipo / Cantidad		R-32	1,4 kg	1,4 kg	1,4 kg	1,4 kg	1,75 kg
CIRCUITO HIDRÁULICO							
Conexiones hidráulicas		"GAS/M	1"	1"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
Caudal bomba (Presión disponible)		m³/h (mca)	0,8 m³/h (8,3 mca)	1,1 m³/h (8,5 mca)	1,4 m³/h (8,2 mca)	1,7 m³/h (7 mca)	2,1 m³/h (6,2 mca)
CÓDIGO		5500020704		5500020706	5500020708	5500020710	5500020712

Ficha técnica Fancoil Daikin FWT05GT:

I FWT-HTV I

Con válvula
montada

INVERTER

nuevo!

Fan Coil Pared

Motor EC INVERTER

Unidades muy silenciosas.
Incluye Sleep Mode

Características

Doble etapa de filtrado
antibacteriano/antivirico

Tecnología Flash Streamer

I FWT-GT I

Fan Coil Pared

Fácil instalación

Características

Control automático de la
dirección del flujo de aire que
permite su distribución total

UNIDADES DE PARED (2 TUBOS)	FWT02HTV*	(m)	FWT03HTV*	(m)	FWT04HTV*	(m)	FWT05HTV*	(m)	FWT06HTV*	(m)
Capacidad (2 Tubos) ⁽¹⁾	Total Refrig. ⁽¹⁾⁽⁴⁾ kW	2,44	2,7	3,49	4,57	5,28				
	Sensible Refrig. ⁽¹⁾ kW	1,77	2,06	2,59	3,55	4,16				
	Calefacción ⁽²⁾ kW	2,72	2,96	3,72	4,89	6,24				
Consumo Total ⁽³⁾	W	10	12	20	25	43				
Caudal de aire ⁽³⁾	m ³ /h	442	476	629	867	1053				
Dimensiones	Al.xAn.xF. mm	288x870x234	288x870x234	288x870x234	317x1089x275	317x1089x275				
Peso	kg	10	10	10	14,6	14,6				
Nivel potencia sonora ⁽¹⁾	dBA	46	49	55	55	59				
Precio	2 Tubos con válvula	648,00 €	673,00 €	768,00 €	932,00 €	995,00 €				

Nota: próximamente disponible versión sin válvula montada.

★ Información preliminar

UNIDADES DE PARED (2 TUBOS)	FWT02GT	FWT03GT	FWT04GT	FWT05GT	FWT06GT	
Capacidad (2 Tubos) ⁽¹⁾	Total Refrig. ⁽¹⁾⁽⁴⁾ kW	2,4	2,67	3,27	4,49	5,21
	Sensible Refrig. ⁽¹⁾ kW	1,85	2,02	2,64	3,43	4,10
	Calefacción ⁽²⁾ kW	2,69	2,93	3,67	5,01	6,11
Consumo Total ⁽³⁾	W	31	32	42	53	72
Caudal de aire ⁽³⁾	m ³ /h	442	476	629	866	1053
Dimensiones	Al.xAn.xF. mm	288x800x206	288x800x206	288x800x206	310x1.065x224	310x1.065x224
Peso	kg	10	10	10	15	15
Nivel potencia sonora ⁽¹⁾	dBA	45	48	55	55	59
Precio	2 Tubos sin válvula	460,00 €	495,00 €	502,00 €	698,00 €	706,00 €

Nota: tanto para la serie FWT-GT como FWT-HTV, es necesario incluir uno de los controladores indicados abajo.

Nota: la gama FWT-GT estará disponible hasta fin de existencias, después se suministrará la nueva gama FWT-HT.

Ficha técnica Ventanas oscilobatientes:

Tipo / Tipo	Ventana Oscilobatiente de 1 hoja destinada a viviendas / Janela Oscilo Batente de 1 folha Destinada a locais de habitação				Ventana Oscilobatiente de 2 hojas destinada a viviendas / Janela Oscilo Batente de 2 Folhas Destinada a locais de habitação				Balconera Practicable de 1 hoja destinada a viviendas / Janela Praticável de 1 folha Destinada a locais de habitação				Especificaciones Técnicas
Con/Sin cajon de persiana / Com/ Sem Estore	Sin / Sem		Con / Com		Sin / Sem		Con / Com		Sin / Sem				EN 14351-1:2006+A2:2016
Resistencia al viento / Resistência ao vento	C4				C4		C3		C3				
Estanqueidad al agua / Estanqueidade à água	9A		8A		8A				9A				
Capacidad de resistencia de los dispositivos de seguridad / Capacidade de resistência dos dispositivos de segurança	Conforme				Conforme				Conforme				
Prestaciones acústicas / Performance acústica	33dB (-1,-4)		32dB (-1,-4)		33dB (-1,-4)		32dB (-1,-4)		33dB (-1,-4)				
Transmisión térmica (w/m2K) / Transmissão térmica (w/m2K)	1,5		1,55		1,58		1,55w/m2K Ventanas con Área ≥1,44m2 1,58w/m2K Ventanas con Área < 1,44m2		1,5				
Tipo de Vidrio / Tipo do Vidrio	Transp.		Carglass		Transp.		Carglass		Transparente		Transparente		
Propiedades de radiación: Factor solar (g) / Propriedades de radiação: Fator solar (g)	0,65		0,62		0,65		0,62		0,65		0,65		
Propiedades de radiación: Transmisión luminosa (Tv) / Propriedades de radiação: Transmissão luminosa (Tv)	0,82		0,78		0,82		0,78		0,82		0,82		
Permeabilidad al aire / Permeabilidade ao ar	Clase 3				Clase 3				Clase 3				
Substancias peligrosas / Substâncias perigosas	NPD				NPD				NPD				

Ficha técnica Puerta principal:

Dimensión total (alto x ancho) (en cm)	205x86
Sentido de apertura	Derecha
Material principal en la masa total del producto	MDF
Destino	Para piso
Espesor de la hoja (en mm)	45
Espesor del marco (en mm)	70
Número de bulones	4
Mirilla incluida	Sí
Pomo exterior	Sí
Número de llaves	5
Limitador de apertura	No
Aislamiento acústico (en dB)	25
Coefficiente de transmitancia térmica U (W/m².K)	1,1
Producto empaquetado: anchura (en cm)	9
Producto empaquetado: altura (en cm)	206
Producto empaquetado: profundidad (en cm)	67
Producto empaquetado: peso (en kg)	39

Ficha técnica puertas exterior:

Dimensión total (alto x ancho) (en cm)	200 x 80
Sentido de apertura	Izquierda
Material principal en la masa total del producto	Vidrio
Espesor de la hoja (en mm)	24
Espesor del marco (en mm)	70
Número de bulones	2
Mirilla incluida	No
Pomo exterior	Sí
Número de llaves	2
Limitador de apertura	No
Aislamiento acústico (en dB)	32
Coefficiente de transmitancia térmica U (W/m².K)	1.2
Producto empaquetado: anchura (en cm)	80
Producto empaquetado: altura (en cm)	200
Producto empaquetado: profundidad (en cm)	11.5
Producto empaquetado: peso (en kg)	42.5

Ficha técnica placas de EPS:

Características esenciales	Apartado UNE EN 13163	Prestaciones		Especificaciones técnicas armonizadas
		NIVEL	TOLERANCIA	
Resistencia a la tracción a la tracción perpendicular a las caras	EN 1607	≥ 100 Kpa	TR 100	
Determinación del comportamiento cortante	EN 12090	≥ 50 Kpa	Ss50	
Permeabilidad al vapor de agua (μ)	EN 1609	30-70		
Reacción al Fuego	EN 13501-1	EUROCLASE E		

Características esenciales	Apartado UNE EN 13163	Prestaciones		Especificaciones técnicas armonizadas
		NIVEL	TOLERANCIA	
Conductividad Térmica	EN 12667	0,037 W/mK		EN-13163:2013
Resistencia Térmica	EN 12667	Ver tabla		
Tolerancia en Longitud	EN 822	± 2 mm	L2	
Tolerancia en Anchura	EN 822	± 2 mm	W2	
Tolerancia en Espesor	EN 822	± 1 mm	T1	
Tolerancia en Rectangularidad	EN 824	± 2 mm/1000 mm	S2	
Tolerancias en Planeidad	EN 825	± 5 mm	P5	
Estabilidad dimensional en condiciones normales y constantes de laboratorio	EN 1603	± 0,2%	DS(N)2	
Estabilidad dimensional en condiciones específicas de temperatura y humedad	EN 1604	± 1%	DS(70,-)1	
Resistencia a la Flexión	EN 12089	≥ 115 Kpa	BS 115	

Ficha técnica Paneles solares:

JA SOLAR

Harvest the Sunshine

715W



JAM66D46 LB

n-type Double Glass Bifacial Modules

Premium Cells

n-
Bycium+

18BB

MBB Half-Cell
Technology

26%

Up To

Cell Conversion
Efficiency

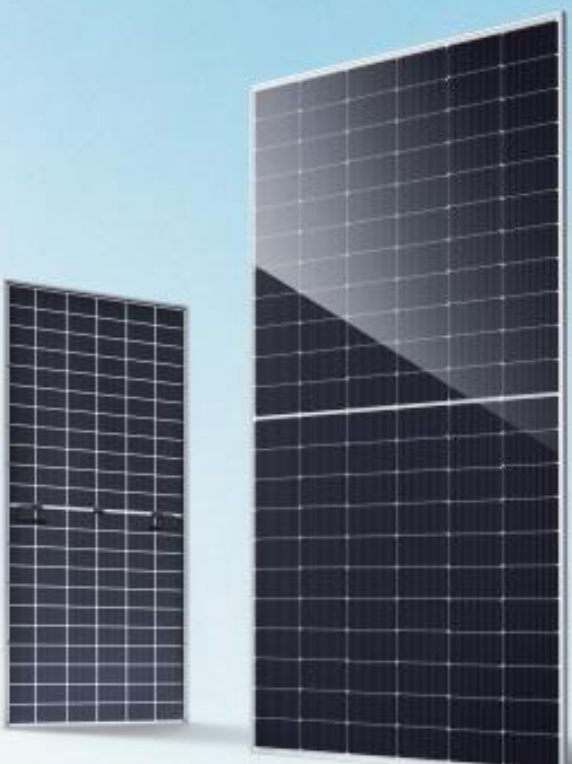
Premium Modules

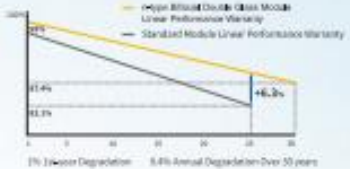
 Higher power
generation better LCOE

 Better Temperature
Coefficient

 n-type with very
Lower UD

 Better low irradiance
response





— n-type Bifacial Double Glass Module
Linear Performance Warranty

— Standard Module Linear Performance Warranty

1% Lifetime Degradation 5.4% Annual Degradation Over 30 years

12-year product warranty 30-year linear power output warranty

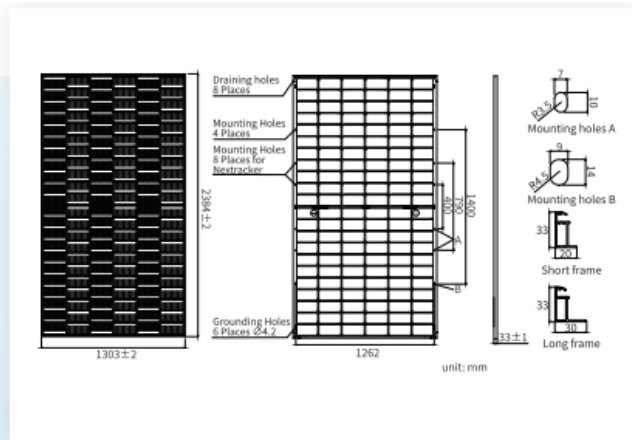
Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001:2015 Quality management systems
- ISO 14001:2015 Environmental management systems
- ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941:2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing









MECHANICAL PARAMETERS

Cell	Mono
Weight	38.2kg
Dimensions	2384±2mm × 1303±2mm × 33±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC), 12 AWG(UL)
No. of cells	132(6×22)
Junction Box	IP68, 3diodes
Connector	QC 4.10-351/ MC4-EVO2A
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-) Landscape: 1500mm(+)/1500mm(-)
Front Glass/Back Glass	2.0mm/2.0mm
Packaging Configuration	33pcs/Pallet, 594pcs/40HQ Container

Remark: customized frame color and cable length available upon request

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

	JAM66D46 -690/LB	JAM66D46 -695/LB	JAM66D46 -700/LB	JAM66D46 -705/LB	JAM66D46 -710/LB	JAM66D46 -715/LB
TYPE						
Rated Maximum Power(P _{max}) [W]	690	695	700	705	710	715
Open Circuit Voltage (V _{oc}) [V]	47.80	48.00	48.20	48.40	48.60	48.80
Maximum Power Voltage(V _{mp}) [V]	40.02	40.22	40.42	40.61	40.80	41.00
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	18.35	18.39	18.43	18.47	18.51	18.55
Maximum Power Current(I _{mp}) [A]	17.24	17.28	17.32	17.36	17.40	17.44
Module Efficiency [%]	22.2	22.4	22.5	22.7	22.9	23.0
Power Tolerance	0~+3%					
Temperature Coefficient of I _{sc} (α _{I_{sc}})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of V _{oc} (β _{V_{oc}})	-0.250%/°C					
Temperature Coefficient of P _{max} (γ _{P_{mp}})	-0.290%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

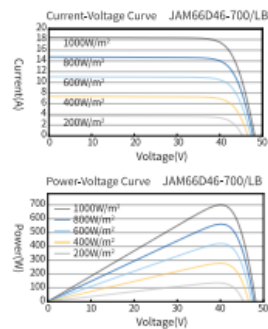
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS WITH 10% SOLAR IRRADIATION RATIO

	JAM66D46 -690/LB	JAM66D46 -695/LB	JAM66D46 -700/LB	JAM66D46 -705/LB	JAM66D46 -710/LB	JAM66D46 -715/LB
TYPE						
Rated Max Power(P _{max}) [W]	745	751	756	761	767	772
Open Circuit Voltage(V _{oc}) [V]	47.80	48.00	48.20	48.40	48.60	48.80
Max Power Voltage(V _{mp}) [V]	40.02	40.22	40.42	40.61	40.80	41.00
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	19.82	19.86	19.90	19.95	19.99	20.03
Max Power Current(I _{mp}) [A]	18.62	18.66	18.71	18.75	18.79	18.84
Irradiation Ratio (rear/front)	10%					

* For NextTracker installations, maximum static load please take compatibility approve letter between JA Solar and NextTracker for reference.
** Bifaciality=P_{max, rear}/Rated P_{max, front}

CHARACTERISTICS



OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1500V DC
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse Rating	35A
Maximum Static Load, Front*	5400Pa(112 lb/ft ²)
Maximum Static Load, Back*	2400Pa(50 lb/ft ²)
NOCT	45±2°C
Bifaciality**	80%±10%
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 29/Class C

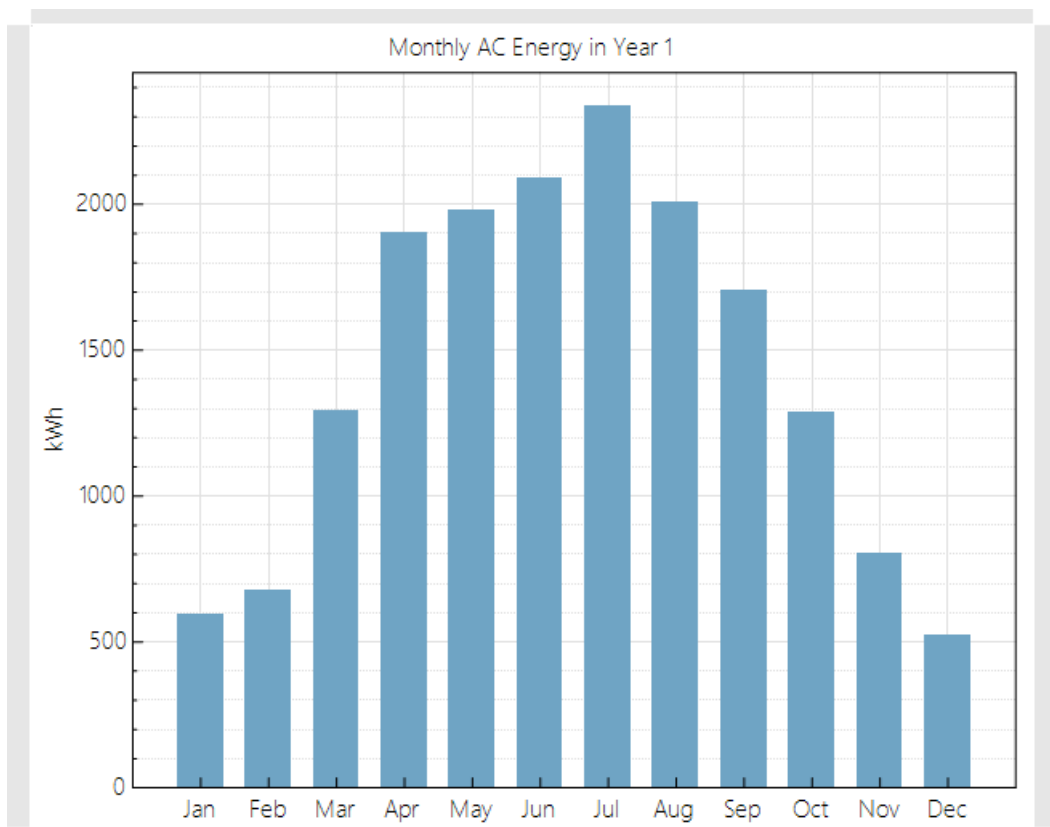
Ficha técnica Inversor DEYE SUN 10 K:

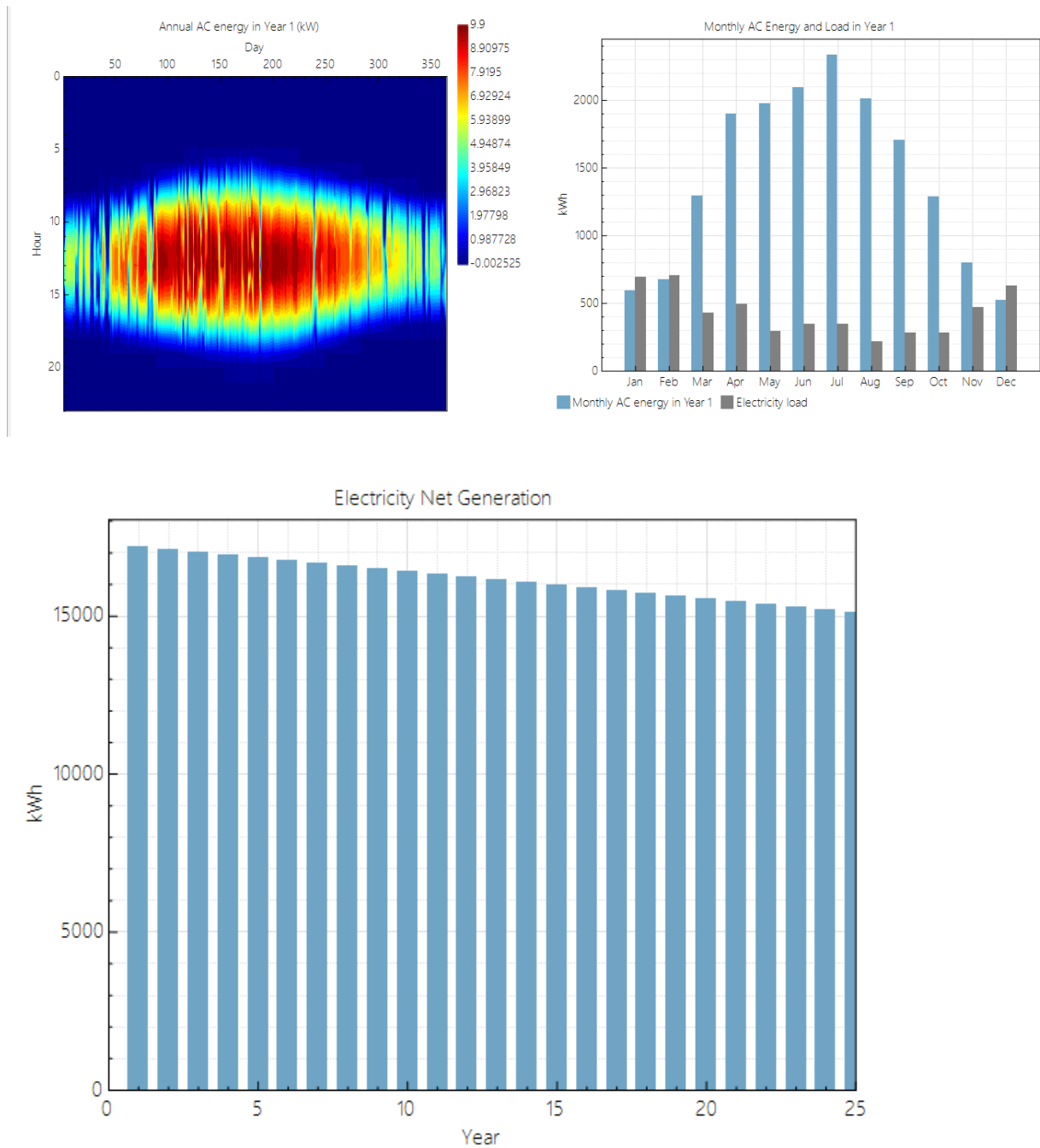
8. Ficha de datos

Modelo	SUN-5K-SG01HP3 EU-AM2	SUN-6K-SG01HP3 EU-AM2	SUN-8K-SG01HP3 EU-AM2	SUN-10K-SG01HP3 EU-AM2	SUN-12K-SG01HP3 EU-AM2	SUN-15K-SG01HP3 EU-AM2	SUN-20K-SG01HP3 EU-AM2
Fecha de entrada de la batería							
Tipo de batería	Li-Ion						
Rango de tensión de la batería (V)	160~700						
Máx. Corriente de carga (A)	37						
Máx. Corriente de descarga(A)	37						
Número de entrada de batería	1						
Estrategia de carga de la batería de Li-Ion	Autoadaptación al SBA						
Datos de entrada de la cadena PV							
Máx. Potencia de entrada CC (W)	6500	7800	10400	13000	15600	19500	26000
Máx. Tensión de entrada CC (V)	1000						
Rango MPPT(V)	150-850						
Tensión de arranque(V)	180						
Rango de tensión continua a plena carga (V)	195-850	195-850	260-850	325-850	340-850	420-850	500-850
Tensión nominal de entrada de CC (V)	600						
Corriente de entrada FV (A)	20+20	20+20	20+20	20+20	26+20	26+20	26+26
Max.PV Isc(A)	30+30	30+30	30+30	30+30	39+30	39+30	39+39
Nº de seguidores MPPT	2						
Nº de cadenas por seguidor MPPT	1	1	1	1	2+1	2+1	2
Datos de salida de CA							
Potencia nominal de salida de CA y del SAI (W)	5000	6000	8000	10000	12000	15000	20000
Max. Potencia de salida de CA (W)	5500	6600	8800	11000	13200	16500	22000
Potencia pico (sin conexión a la red)	1,5 veces la potencia nominal, 10 S						
Corriente nominal de salida de CA (A)	7.6/7.3	9.1/8.7	12.2/11.6	15.2/14.5	18.2/17.4	22.8/21.8	30.4/29.0
Máx. Corriente alterna (A)	8.4/8.0	10/9.6	13.4/12.8	16.7/16	20/19.2	25/24	33.4/31.9
Máx. Trifásico Desequilibrado Corriente de salida (A)	13	13	18	22	25	30	35
Máx. Paso continuo de CA (A)	40				80		
Factor de potencia	0,8 por delante y 0,8 por detrás						
Frecuencia y tensión de salida	50/60Hz; 3L/N/PE 220/380, 230/400Vac						
Tipo de rejilla	Trifásico						
Distorsión armónica total (THD)	<3% (de la potencia nominal)						
Inyección de corriente continua	<0,5% In						
Efficiencia							
Max. Rendimiento	97.60%						
Euroeficiencia	97.00%						
Eficiencia MPPT	>99%						
Protección							
Protección contra rayos de entrada FV	Integrado						
Protección antiembarco	Integrado						
Protección contra polaridad inversa de	Integrado						

ANEXO V: RESULTADOS DE SAM (SYSTEM ADVISOR MODEL)

Metric	Value
Annual AC energy in Year 1	17,187 kWh
DC capacity factor in Year 1	16.3%
Energy yield in Year 1	1,424 kWh/kW
Performance ratio in Year 1	0.85





Hourly Data X Annual Data X				
	Electricity load total in each year (kWh)	Electricity net generation (kWh)	Electricity from grid to system (kWh)	Electricity generation (kWh)
1	0	0	0	0
2	5190.46	17187	-11.4383	17198.4
3	5190.46	17101.5	-11.4433	17113
4	5190.46	17015.7	-11.4433	17027.1
5	5190.46	16929.6	-11.4484	16941
6	5190.46	16843.3	-11.4484	16854.7
7	5190.46	16756.8	-11.4509	16768.2
8	5190.46	16670	-11.4585	16681.5
9	5190.46	16583.1	-11.461	16594.5
10	5190.46	16496	-11.4635	16507.5
11	5190.46	16408.7	-11.466	16420.2
12	5190.46	16321.3	-11.4711	16332.8
13	5190.46	16233.9	-11.4761	16245.4
14	5190.46	16146.5	-11.4761	16158
15	5190.46	16059	-11.4812	16070.5
16	5190.46	15971.5	-11.4862	15983
17	5190.46	15883.9	-11.4913	15895.4
18	5190.46	15796.2	-11.4989	15807.7
19	5190.46	15708.5	-11.4989	15720
20	5190.46	15620.8	-11.5014	15632.3
21	5190.46	15533.2	-11.5014	15544.7
22	5190.46	15445.5	-11.5014	15457
23	5190.46	15357.8	-11.5064	15369.3
24	5190.46	15270.1	-11.5115	15281.6
25	5190.46	15182.4	-11.514	15193.9
26	5190.46	15094.7	-11.5191	15106.3

	Electricity load (kWh/mo)	Excess generation (kWh/mo)	Monthly AC energy in Year 1 (kWh/mo)	Electricity to/from grid (kWh/mo)
Jan	690.182	0	593.646	-96.5357
Feb	706.182	0	677.07	-29.1118
Mar	426.715	864.179	1290.89	864.179
Apr	492.249	1408.04	1900.29	1408.04
May	293.783	1684.05	1977.83	1684.05
Jun	347.7	1743.76	2091.46	1743.76
Jul	347.7	1986.86	2334.56	1986.86
Aug	219	1789.78	2008.78	1789.78
Sep	281.1	1422.22	1703.32	1422.22
Oct	283.883	1004.53	1288.41	1004.53
Nov	471.249	329.621	800.87	329.621
Dec	630.715	0	519.832	-110.883

ANEXO VI: CERTIFICADO DE EFICIENCIA

ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA CON LAS MEDIDAS

PROPUESTAS

INDICADORES Y PARÁMETROS DEL CTE DB-HE

HE0 Consumo de energía primaria

Cep,nren	0,00	kWh/m ² año	Cep,nren,lim	70,00	kWh/m ² año	Sí cumple
Cep,tot	80,00	kWh/m ² año	Cep,tot,lim	105,00	kWh/m ² año	Sí cumple
% horas fuera consigna	0,00	%	% horas fuera consigna	4,00	%	Sí cumple

Aútil 121,17 m² **CFI** 4,814 W/m²

Cep,nr Consumo de energía primaria no renovable del edificio
Cep,nren,lim Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 3.1 de la sección HE0
Cep,tot Consumo de energía primaria total del edificio
Cep,tot,lim Valor límite para el consumo de energía primaria total según el apartado 3.2 de la sección HE0
Aútil Superficie útil considerada para el cálculo de los indicadores de consumo (espacios habitables incluidos dentro de la envolvente térmica)
CFI Carga interna media

HE1 Condiciones para el control de la demanda energética

K	0,54	kWh/m ² año	K_{lim}	0,63	kWh/m ² año	Sí cumple
q_{sol,jul}	1,44	kWh/m ² año	q_{sol,jul,lim}	2,00	kWh/m ² año	Sí cumple
n₅₀	10,46	1/h	n_{50,lim}	-	1/h	No aplica

V/A 1,04 m³/m²
V 285,37 m³ **V_{inf}** 198,35 m³
D_{cal} 58,70 kWh/m² año **D_{ref}** 15,26 kWh/m² año

K Coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica
K_{lim} Valor límite para el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica según el apartado 3.1.1 de la sec. HE1
q_{sol,jul} Control solar de la envolvente térmica del edificio
q_{sol,jul,lim} Valor límite para el control solar de la envolvente térmica según el apartado 3.1.2 de la sección HE1
n₅₀ Relación de cambio de aire con una presión diferencial de 50Pa
n_{50,lim} Valor límite para la relación de cambio de aire con una presión diferencial de 50Pa según el apartado 3.1.3 de la sección HE1
V/A Compacidad o relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica del edificio y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente.
V Volumen interior de la envolvente térmica
V_{inf} Volumen de los espacios interiores a la envolvente térmica para el cálculo de las infiltraciones
D_{cal} Demanda de calefacción
D_{ref} Demanda de refrigeración

HE4 Contribución mínima de energías renovables para cubrir la demanda de ACS

RER ACS;nrb	100,00	%	RER ACS;nrb min	60,00	%	Sí cumple
--------------------	--------	---	------------------------	-------	---	-----------

Demanda ACS (*) 112,00 l/d

RER ACS;nrb Contribución de energía procedente de fuentes renovables para el servicio de ACS

RER ACS;nrb min Contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables para el servicio de ACS (**)

(*) Contabilizada a la temperatura de referencia de 60°C

(**) Esta comprobación puede no ser de aplicación en ampliaciones y reformas de edificios existentes con una demanda inicial de ACS de hasta 5000 l/día en los que se incremente dicha demanda en menos del 50%

HE5 Generación mínima de energía eléctrica

HE5 no fija requisitos para edificios de menos de 1000 m² construidos

1. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Orientación	Superficie (m²)	Transmitancia (U) (W/m²K)
P01_E01_FE001	Cubierta	H	0,32	0,35
P02_E01_CUB001	Cubierta	H	20,47	0,35
P02_E02_CUB001	Cubierta	H	7,62	0,35
P02_E03_CUB001	Cubierta	H	8,96	0,35
P02_E04_CUB001	Cubierta	H	11,61	0,35
P02_E05_CUB001	Cubierta	H	3,61	0,35
P02_E06_CUB001	Cubierta	H	7,63	0,35
P02_E07_CUB001	Cubierta	H	2,74	0,35
P02_E05_FE001	Fachada	NE	2,19	0,34
P02_E06_FE002	Fachada	NE	1,41	0,34
P01_E01_PE002	Fachada	NE	10,73	0,40
P01_E02_PE001	Fachada	NE	7,76	0,40
P02_E02_PE002	Fachada	NE	7,26	0,40
P02_E03_PE001	Fachada	NE	7,85	0,40
P02_E06_PE001	Fachada	NE	6,48	0,40
P01_E02_PE002	Fachada	NO	3,30	0,40
P02_E06_PE002	Fachada	NO	3,75	0,40
P01_E01_PE003	Fachada	O	2,47	0,40
P01_E02_PE003	Fachada	O	1,83	0,40
P01_E03_PE001	Fachada	O	6,57	0,40
P01_E04_PE001	Fachada	O	6,82	0,40
P02_E04_PE001	Fachada	O	8,09	0,40
P02_E05_PE001	Fachada	O	9,90	0,40
P02_E06_PE003	Fachada	O	2,70	0,40
P01_E01_PE001	Fachada	SE	16,58	0,40
P02_E01_PE001	Fachada	SE	12,15	0,40
P02_E02_PE001	Fachada	SE	5,21	0,40
P02_E04_FE001	Fachada	SO	0,74	0,34
P01_E01_PE004	Fachada	SO	2,94	0,40
P01_E01_PE005	Fachada	SO	4,95	0,40
P02_E01_PE002	Fachada	SO	7,18	0,40
P01_E01_FTER001	Suelo	H	41,35	0,28

Fecha (de generación del documento)

30/06/2025

Página 3 de 7

P01_E02_FTER002	Suelo	H	3,64	0,28
P01_E03_FTER003	Suelo	H	9,65	0,28
P01_E04_FTER004	Suelo	H	3,90	0,28

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Orientación	Superficie (m²)	U _H (W/m²·K)	g _{gl;wi} (-)	g _{gl;sh;wi} (-)	Cdsm (Wh/m²)	Permeabilidad (m³/h·m²)
P02_E03_PE001_V1	Hueco	NE	0,68	1,65	0,65	0,20	No	3,00
P02_E04_PE001_V1	Hueco	O	1,50	1,32	0,65	1,00	No	9,00
P01_E03_PE001_V1	Hueco	O	0,68	1,65	0,65	0,20	No	3,00
P01_E04_PE001_V1	Hueco	O	0,68	1,65	0,65	0,20	No	3,00
P02_E05_PE001_V1	Hueco	O	0,68	1,65	0,65	0,20	No	3,00
P02_E06_PE003_V1	Hueco	O	1,35	1,65	0,65	0,20	No	3,00
P02_E01_PE001_V3	Hueco	SE	1,50	1,21	0,65	1,00	No	3,00
P01_E01_PE001_V	Hueco	SE	2,40	1,32	0,65	1,00	No	9,00
P02_E01_PE001_V2	Hueco	SE	1,35	1,65	0,65	0,20	No	3,00
P02_E02_PE001_V1	Hueco	SE	1,35	1,65	0,65	0,20	No	3,00
P01_E01_PE004_V1	Hueco	SO	1,35	1,65	0,65	0,20	No	3,00
P02_E01_PE002_V1	Hueco	SO	1,35	1,65	0,65	0,20	No	3,00

U_H Transmitancia del hueco
g_{gl;wi} Factor solar del acristalamiento
g_{gl;sh;wi} Transmitancia total de energía solar de huecos con los dispositivos de sombra móviles activados
Orientación: N, NE, E, SE, S, SO, O, NO, H
Cdsm Control dinámico de sombras móviles en los huecos. Aparecerá o bien el valor de radiación a partir del que se realiza la activación de las sombras móviles o un No si el hueco cuenta con un cálculo estacional a través de factores fijos
Permeabilidad 27 (Clase 2), 9 (Clase 3), 3 (Clase 4)

5. CONSUMO Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA FINAL

Consumos

Nombre equipo	Vector energético	Servicio técnico	Consumo (kWh/año)
SIS_EQ3_EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto	ELECTRICIDAD	ACS	478,04
SIS_EQ3_EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto	ELECTRICIDAD	CAL	39,98
SIS_EQ3_EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto	MEDIOAMBIENTE	CAL	57,74
SIS_EQ3_EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto	MEDIOAMBIENTE	ACS	2095,73
SIS1_EQ1_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	CAL	37,27
SIS1_EQ1_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	REF	7,32
SIS1_EQ1_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	MEDIOAMBIENTE	CAL	1881,47
SIS2_EQ1_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	CAL	22,65
SIS2_EQ1_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	REF	6,49
SIS2_EQ1_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	MEDIOAMBIENTE	CAL	645,66
SIS3_EQ2_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	CAL	25,57
SIS3_EQ2_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	REF	9,71
SIS3_EQ2_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	MEDIOAMBIENTE	CAL	1037,19
SIS4_EQ3_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	CAL	18,55
SIS4_EQ3_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	REF	8,05
SIS4_EQ3_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	MEDIOAMBIENTE	CAL	474,51
SIS5_EQ4_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	CAL	22,51
SIS5_EQ4_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	REF	7,22
SIS5_EQ4_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	MEDIOAMBIENTE	CAL	612,41

Fecha (de generación del documento)

30/06/2025

Página 6 de 7

SIS6_EQ5_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	CAL	22,52
SIS6_EQ5_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	REF	8,30
SIS6_EQ5_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	MEDIOAMBIENTE	CAL	622,36
SIS7_EQ6_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	CAL	13,51
SIS7_EQ6_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	REF	3,37
SIS7_EQ6_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	MEDIOAMBIENTE	CAL	805,52
SIS9_EQ8_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	CAL	8,09
SIS9_EQ8_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	REF	2,83
SIS9_EQ8_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	MEDIOAMBIENTE	CAL	283,08
SIS8_EQ1_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	CAL	10,21
SIS8_EQ1_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	ELECTRICIDAD	REF	3,32
SIS8_EQ1_EQ_ED_AireAire_BDC-Defecto	MEDIOAMBIENTE	CAL	418,26

Producciones

Potencia de generación eléctrica renovable instalada (kW)	10,00
---	-------

Nombre equipo	Vector energético	Servicio técnico	Producción (kWh/año)
Fotovoltaica insitu	ELECTRICIDAD	-	17580,90

6. FACTORES DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA FINAL A PRIMARIA

Vector energético	Origen (Red / In situ)	Fp_ren	Fp_nren	Femisiones
ELECTRICIDAD	RED	0,414	1,954	0,331
ELECTRICIDAD	INSITU	1,000	0,000	0,000
MEDIOAMBIENTE	RED	1,000	0,000	0,000
TOTALES		-	-	-

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Patones_Actual		
Dirección	C/Buenavista 23 - - - -		
Municipio	Patones	Código Postal	Código Postal
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	1960 - 1979
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	- Seleccione de la lista -		
Referencia/s catastral/es	8442701VL528450002IE		

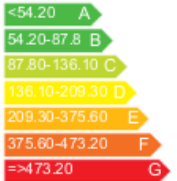
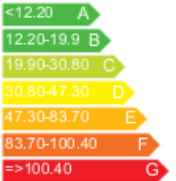
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

☐ Edificio de nueva construcción	☒ Edificio Existente
☒ Vivienda ☒ Unifamiliar ☐ Bloque ☐ Bloque completo ☐ Vivienda individual	☐ Terciario ☐ Edificio completo ☐ Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Nombres Apellido1 Apellido2	NIF/NIE	CIF
Razón social	Razón Social	NIF	-
Domicilio	Nombre calle - - - - -		
Municipio	Localidad	Código Postal	Código postal
Provincia	- Seleccione de la lista -	Comunidad Autónoma	- Seleccione de la lista -
e-mail:	-	Teléfono	-
Titulación habilitante según normativa vigente	-		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2525.1181, de fecha 16-abr-2025		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	0,00 A		0,00 A

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 30/06/2025

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	CertificaciónExistente
----------------	----	-----	------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES												
	<table> <tr> <th>CALEFACCIÓN</th><th>ACS</th></tr> <tr> <td>Emisiones calefacción (kgCO2/m2 año)</td><td>Emisiones ACS (kgCO2/m2 año)</td></tr> <tr> <td align="center">0,00</td><td align="center">0,00</td></tr> <tr> <th>REFRIGERACIÓN</th><th>ILUMINACIÓN</th></tr> <tr> <td>Emisiones refrigeración (kgCO2/m2 año)</td><td>Emisiones iluminación (kgCO2/m2 año)</td></tr> <tr> <td align="center">0,00</td><td align="center">-</td></tr> </table>	CALEFACCIÓN	ACS	Emisiones calefacción (kgCO2/m2 año)	Emisiones ACS (kgCO2/m2 año)	0,00	0,00	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	Emisiones refrigeración (kgCO2/m2 año)	Emisiones iluminación (kgCO2/m2 año)	0,00	-
CALEFACCIÓN	ACS												
Emisiones calefacción (kgCO2/m2 año)	Emisiones ACS (kgCO2/m2 año)												
0,00	0,00												
REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN												
Emisiones refrigeración (kgCO2/m2 año)	Emisiones iluminación (kgCO2/m2 año)												
0,00	-												
Emisiones globales (kgCO2/m2 año)1													

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO2/m2.año	kgCO2/año
Emisiones CO2 por consumo eléctrico	0,00	0,00
Emisiones CO2 por combustibles fósiles	0,00	0,00

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES												
	<table> <tr> <th>CALEFACCIÓN</th><th>ACS</th></tr> <tr> <td>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m2 año)</td><td>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m2 año)</td></tr> <tr> <td align="center">0,00</td><td align="center">0,00</td></tr> <tr> <th>REFRIGERACIÓN</th><th>ILUMINACIÓN</th></tr> <tr> <td>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m2 año)</td><td>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m2 año)</td></tr> <tr> <td align="center">0,00</td><td align="center">0,00</td></tr> </table>	CALEFACCIÓN	ACS	Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m2 año)	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m2 año)	0,00	0,00	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m2 año)	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m2 año)	0,00	0,00
CALEFACCIÓN	ACS												
Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m2 año)	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m2 año)												
0,00	0,00												
REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN												
Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m2 año)	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m2 año)												
0,00	0,00												
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m2 año)1													

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
	
58,70	15,26
Demanda de calefacción (kWh/m2 año)	Demanda de refrigeración (kWh/m2 año)

1 El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

ANEXO VII: GRÁFICAS DE VARIACIÓN DE PRECIOS DE LAS ENERGÍAS

Precio Electricidad compra a la red:



Precio compra Fuel oil:

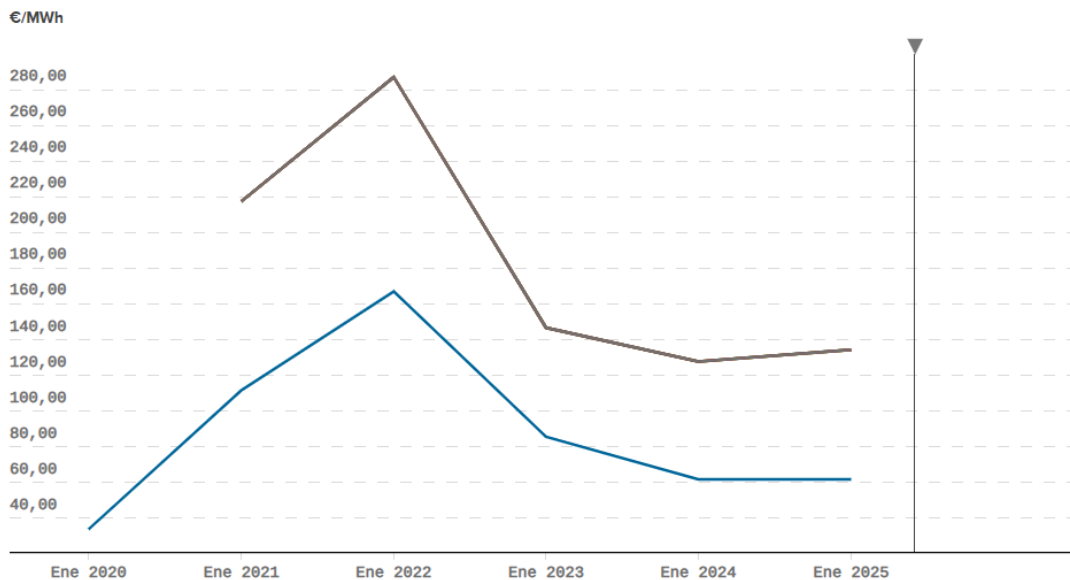


Precio madera:



Precio actual venta excedentes:

DESDE EL 01-01-2020 A LAS 00:00 HASTA EL 31-12-2025 A LAS 23:55 AGRUPADOS POR AÑO



PRECIO DE LA ENERGÍA EXCEDENTARIA DEL
AUTOCONSUMO PARA EL MECANISMO DE
COMPENSACIÓN SIMPLIFICADA (PVPC) (2025)

61,70 €/MWh



TÉRMINO DE FACTURACIÓN DE ENERGÍA
ACTIVA DEL PVPC 2.0TD BALEARES (2025)

134,43 €/MWh



Precio de los excedentes de autoconsumo en PVPC para hoy

El precio de los excedentes de autoconsumo en PVPC para el 07/07/2025 es de 0,05919 de media. Este precio varía cada hora y día. En el mercado regulado, el mejor momento para la compensación de excedentes suele ser entre las 8 h y las 10 h, mientras que el peor momento es a partir de las 14 h.

07/07/2025 📅

Precio medio del día

07/07/2025

0,05919
€/kWh

Mejor precio de excedente

07/07/2025

0,10520
€/kWh

07:00 h

Peor precio de excedente

07/07/2025

0,00279
€/kWh

16:00 h

Precio hace un año venta de excedentes:

Precio de los excedentes de autoconsumo en PVPC para hoy

El precio de los excedentes de autoconsumo en PVPC para el 04/07/2024 es de 0,05087 de media. Este precio varía cada hora y día. En el mercado regulado, el mejor momento para la compensación de excedentes suele ser entre las 8 h y las 10 h, mientras que el peor momento es a partir de las 14 h.

04/07/2024



Precio medio del día

04/07/2024

0,05087
€/kWh

Mejor precio de excedente

04/07/2024

0,09845
€/kWh

07:00 h

Peor precio de excedente

04/07/2024

-0,00187
€/kWh

16:00 h