

Proyecto Erasmus+ ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

Este proyecto Erasmus+ ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión Europea y las agencias nacionales Erasmus+ no se hacen responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en ella.

Caso de estudio español

Parte I: Enfoque del caso de estudio español y análisis de la situación inicial del edificio

1. Enfoque del caso de estudio español

El caso de estudio español consiste en analizar la demanda y el consumo energéticos, así como proponer alternativas que mejoren la eficiencia de una vivienda unifamiliar existente, tipo adosada, situada en el municipio de Ceutí, España.

2. Descripción de la vivienda unifamiliar

2.1. Introducción

La vivienda unifamiliar adosada consta de un sótano, una primera planta y una segunda planta. El tejado de la vivienda es plano. Este edificio fue construido en 2023.

El sótano tiene una superficie de 60 m² para aparcamiento de vehículos y un trastero de 12 m².

La primera planta tiene una superficie útil interior de 56 m², sin incluir las escaleras. Los espacios de la primera planta son un dormitorio, un salón, la cocina y un cuarto de baño. En el exterior de la primera planta, la vivienda cuenta con una terraza de 13 m² donde se encuentra la puerta principal de la vivienda.

En la segunda planta tiene una superficie útil interior de 54,6 m² (sin incluir la escalera). Esta planta consta de 3 dormitorios y un cuarto de baño. En el exterior de esta planta, uno de los dormitorios tiene un balcón de 3 m² útiles.

La anchura de la fachada de esta casa adosada es de 7,71 m y la profundidad es de 11,64 m. En la fachada principal de la casa hay una parcela vallada de 36 m² donde se encuentra la rampa para bajar al sótano con el vehículo.



Figura 1: Casas adosadas en España

Esta vivienda unifamiliar se encuentra en el municipio de Ceutí, provincia de Murcia (España)

Los datos de ubicación de este edificio son los siguientes:

Location data	
City	Ceuti
Altitude	94.000 m
Latitude	38.1 degrees
Longitude	-1.3 degrees
Time zone	0.0
SCOP climatic conditions	Warm climate

Figura 2: Ubicación de la vivienda

La fachada principal de la vivienda está orientada al oeste.

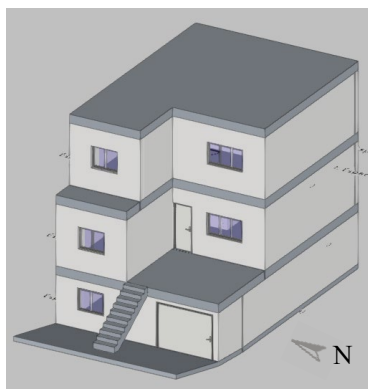


Figura 3: Orientación de la vivienda

2.2. Planos de la casa

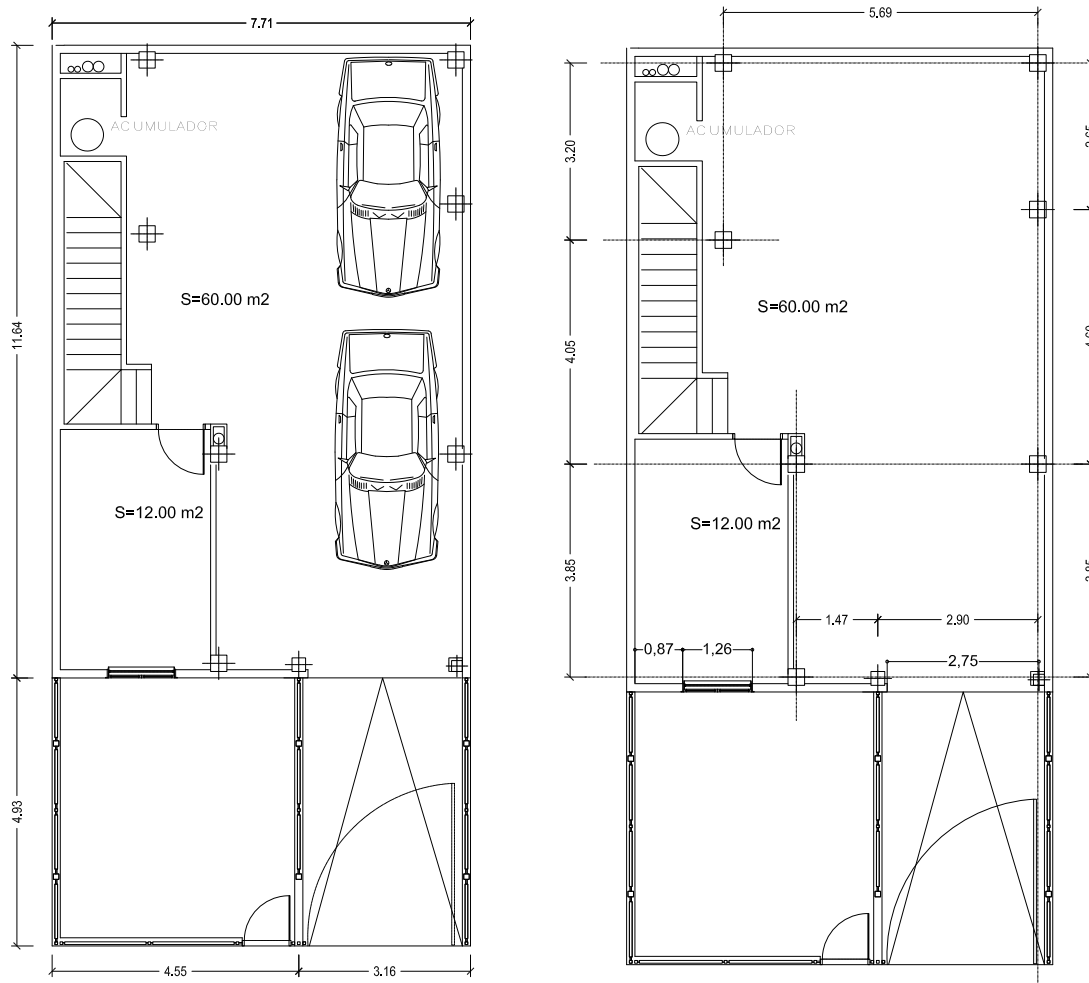


Figura 4: Planos del sótano

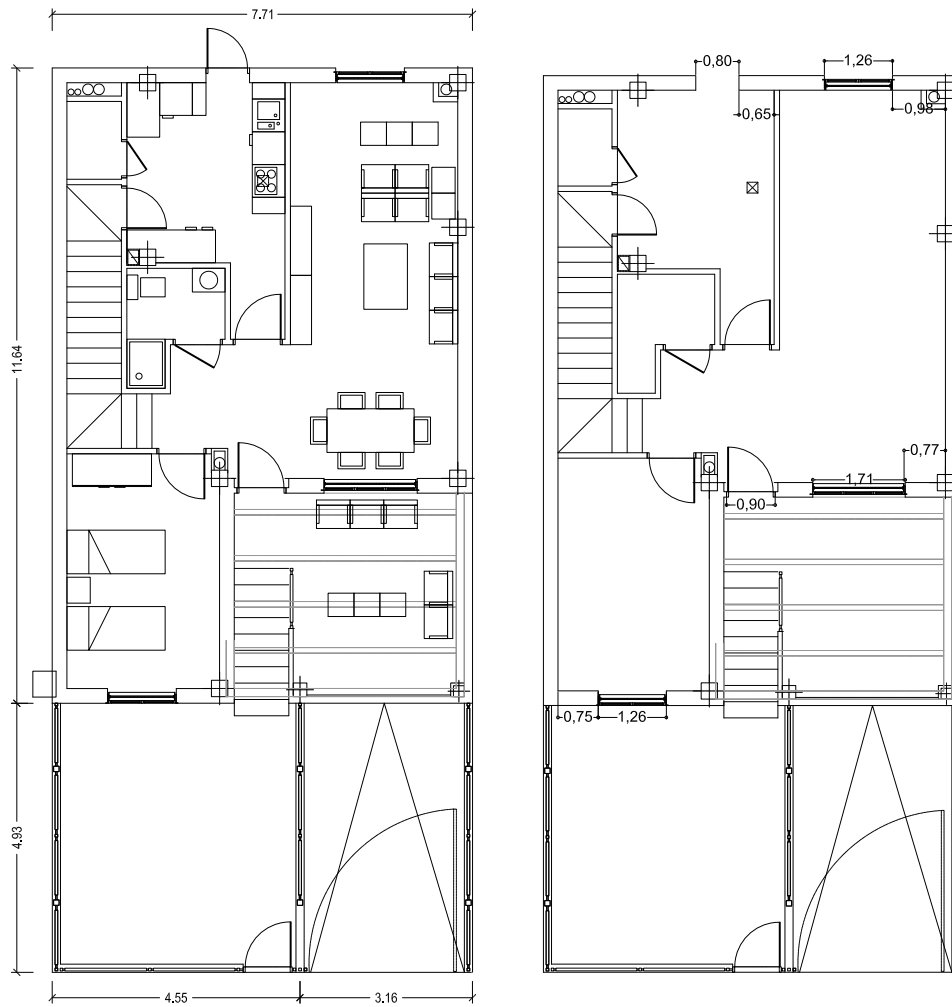


Figura 5: Planos de la planta baja

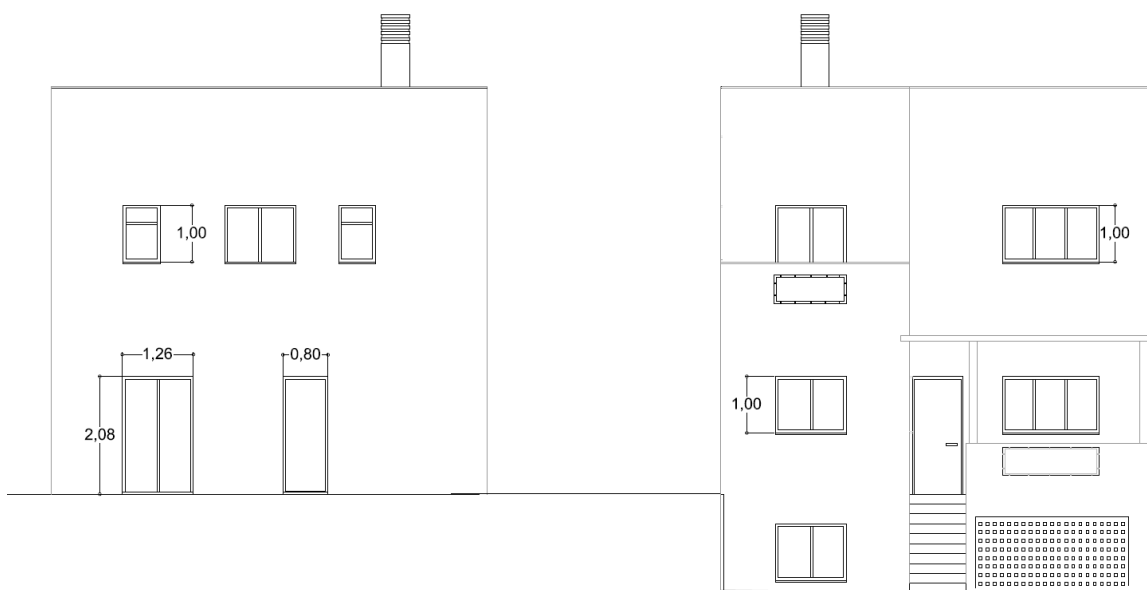


Figura 6: Alzados trasero y delantero.

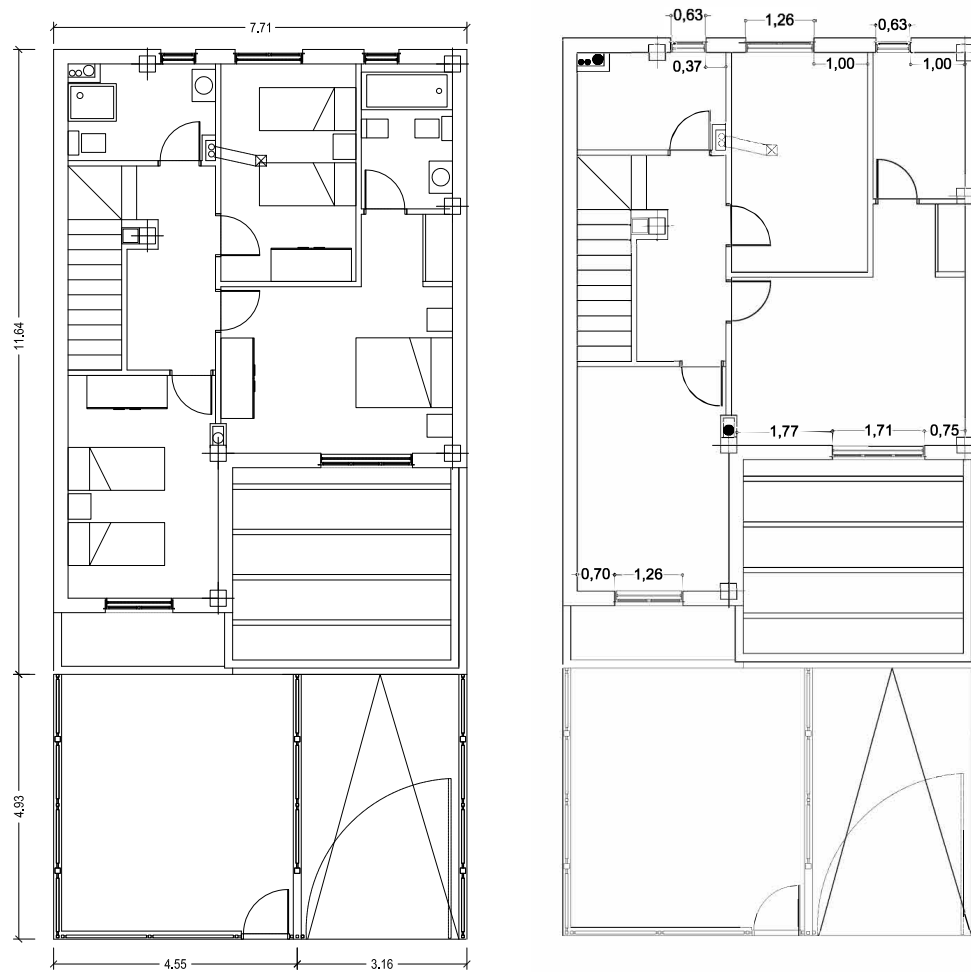


Figura 7: Planos de la primera planta

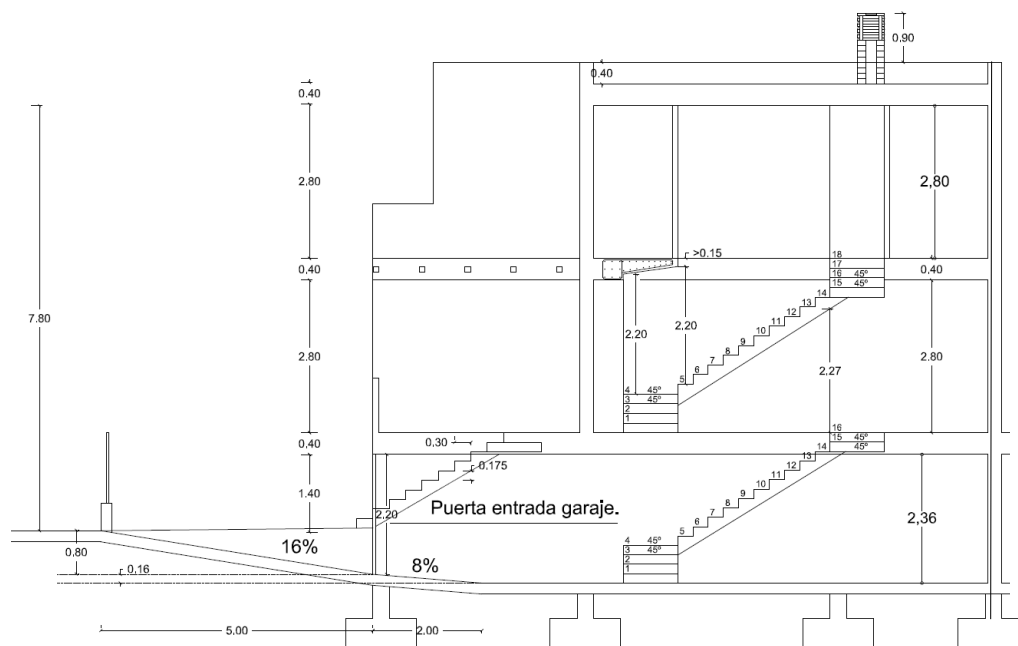


Figura 8: Sección del edificio.

2.3. Materiales de la envolvente térmica

La envolvente térmica de un edificio se refiere al sistema colectivo de elementos que separan los espacios interiores acondicionados del entorno exterior no acondicionado. Incluye paredes exteriores, techos, suelos (especialmente los que están en contacto con zonas no acondicionadas o con el suelo), así como ventanas y puertas exteriores.

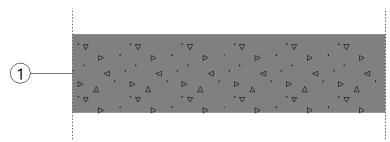
La función principal de la envolvente térmica es regular el flujo de calor, aire y humedad, minimizando así la pérdida de calor durante las estaciones frías y la ganancia de calor durante las estaciones cálidas. También reduce la infiltración y la exfiltración de aire, lo que contribuye significativamente al confort térmico de los ocupantes y a la eficiencia energética global del edificio.

El rendimiento de la envolvente térmica se evalúa normalmente a través de su resistencia térmica (valor R), transmitancia térmica (valor U) y estanqueidad al aire.

Una envolvente térmica bien diseñada y construida es esencial para alcanzar altos estándares de rendimiento energético, reducir los costes operativos de energía y mantener la calidad del ambiente interior.

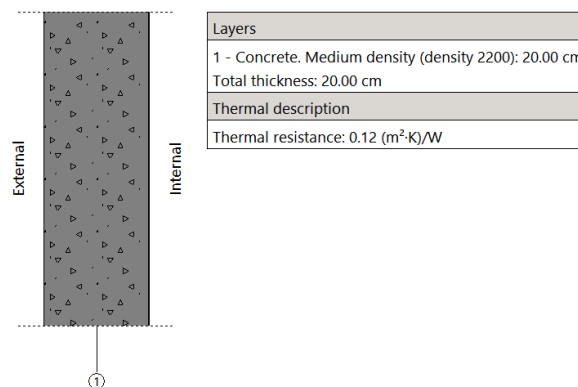
A continuación se describen las características de los elementos que pertenecen a la envolvente térmica del edificio estudiado.

Suelos en contacto con el terreno (solera)



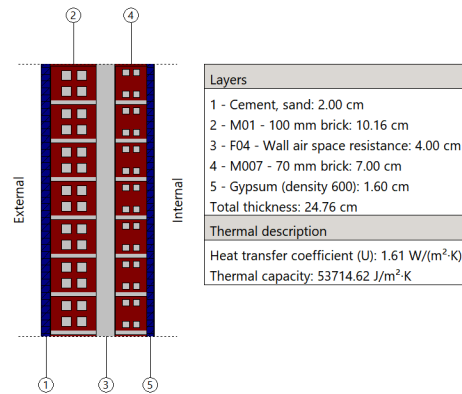
Layers
1 - Concrete. Medium density (density 1800): 15.00 cm
Total thickness: 15.00 cm
Thermal description
Thermal resistance: 0.13 (m ² ·K)/W

Paredes en contacto con el suelo



Layers
1 - Concrete. Medium density (density 2200): 20.00 cm
Total thickness: 20.00 cm
Thermal description
Thermal resistance: 0.12 (m ² ·K)/W

Fachadas



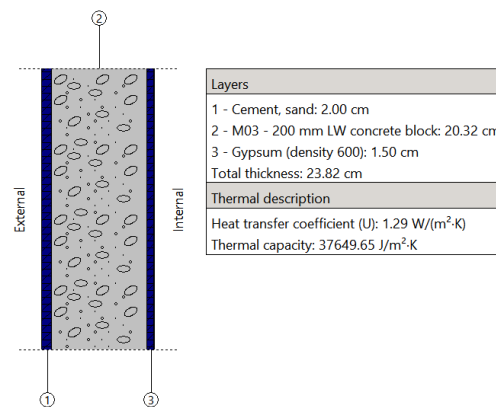
Aberturas de la fachada

Ventanas con marco de aluminio y vidrio monolítico

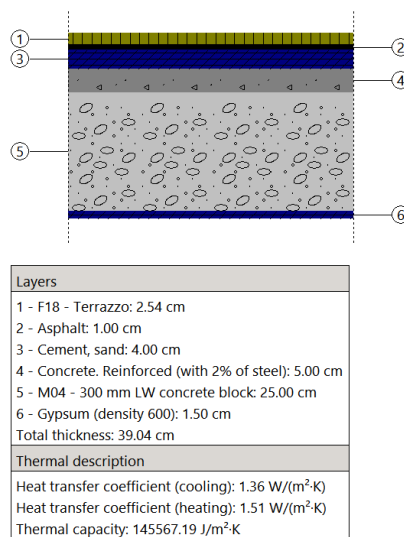
Heat transfer coefficient (U) W/(m²·K)

Solar heat gain coefficient

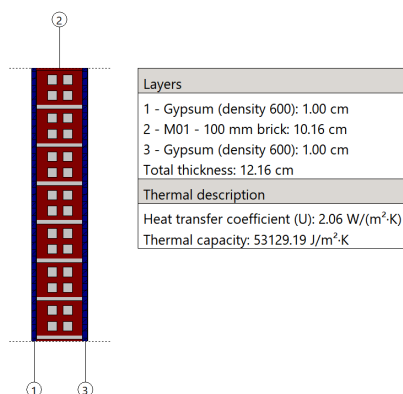
Paredes medianeras



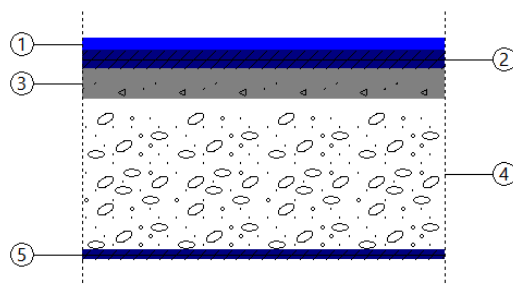
Cubiertas



Tabiques interiores



Losas intermedias



Layers
1 - Ceramic/porcelain: 2.00 cm
2 - Cement, sand: 3.00 cm
3 - Concrete, Medium density (density 2200): 5.00 cm
4 - M03 - 200 mm LW concrete block: 25.00 cm
5 - Gypsum (density 600): 1.50 cm
Total thickness: 36.50 cm
Thermal description
Ceiling slab
Heat transfer coefficient (cooling): 1.00 W/(m ² ·K)
Heat transfer coefficient (heating): 1.16 W/(m ² ·K)
Floor slab
Heat transfer coefficient (cooling): 1.16 W/(m ² ·K)
Heat transfer coefficient (heating): 1.00 W/(m ² ·K)
Floor slab exposed to open air
Heat transfer coefficient (cooling): 1.25 W/(m ² ·K)
Heat transfer coefficient (heating): 1.15 W/(m ² ·K)
Thermal capacity: 141371.08 J/m ² ·K

2.4. Sistemas de calefacción y aire acondicionado

El sistema de calefacción y aire acondicionado es un sistema de expansión directa multisplit con las propiedades que se muestran en la siguiente figura.





Outdoor unit

Equipment: RAS-4M27U2AVG-E

Maximum number of internal units: 4
 Gross rated total cooling capacity: 8000 W
 Gross rated cooling COP: 3.5
 Gross rated heating capacity: 9000 W
 Gross rated heating COP: 4.67

Control of the operating mode Load priority ▼

Total pipe length 30.000 m

Indoor unit

Wall-mounted: RAS-M10PKVPG-E

Gross rated total cooling capacity: 2500 W
 Nominal cooling power: 2000 W
 Gross rated heating capacity: 3200 W

Figura 9: Sistema de calefacción y aire acondicionado: propiedades del sistema de expansión directa multisplit.

El sistema cuenta con 4 unidades interiores

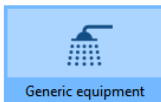
2.5. Sistema de agua caliente sanitaria

El sistema de agua caliente sanitaria consta de una caldera eléctrica de agua caliente.

Production set ✕

Reference DHW equipment - Electric hot water boiler

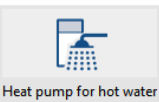
Covered DHW demand percentage 100 %



Generic equipment



Air-source heat pump



Heat pump for hot water



Geothermal

Production set

Overview

Type of energy vector Electricity ▼

Rated capacity 1500.00 W

Average seasonal efficiency 0.36 ↩

☒ Storage tank ⓘ

Global loss coefficient, UA 1.20 W/K ↩

Average storage temperature 60.0 °C

Ambient temperature 20.0 °C 🌡️

Figura 10: Propiedades de la caldera eléctrica de agua caliente.

En este estudio de la vivienda unifamiliar española, se ha supuesto que la temperatura del agua para uso doméstico en la red, antes de calentarla, varía entre **10,2 °C en diciembre** y enero y **19,9 °C en agosto**.

La ocupación considerada en el edificio para calcular la necesidad de agua caliente sanitaria ha sido de **4 personas** en este caso práctico. Necesidades de agua caliente sanitaria: **28 litros por persona y día**.

3. Desarrollo del estudio de caso español

3.1. Modelo BIM del edificio

Un **modelo de información de construcción (BIM)** para el análisis energético es una representación digital de un edificio que integra datos geométricos y semánticos, lo que permite realizar simulaciones detalladas del rendimiento energético del edificio. A diferencia de un modelo 3D estándar, un BIM incluye información sobre materiales, propiedades térmicas, horarios de ocupación, sistemas de iluminación, equipos de climatización y mucho más.

Cuando se utiliza para el análisis energético, el BIM sirve como base rica en datos que puede exportarse a un software de simulación energética (EnergyPlus en este caso práctico). Esto permite a los consultores energéticos evaluar las cargas de calefacción y refrigeración, la iluminación natural, el confort térmico y el consumo energético global.

Las principales ventajas son:

- **Transferencia automatizada de datos** desde el diseño a la simulación
- **Mayor precisión** gracias a entradas coherentes y detalladas
- **Flujos de trabajo de diseño integrados** entre arquitectos, ingenieros y analistas energéticos

Las siguientes figuras muestran varias vistas del modelo BIM geométrico del edificio.

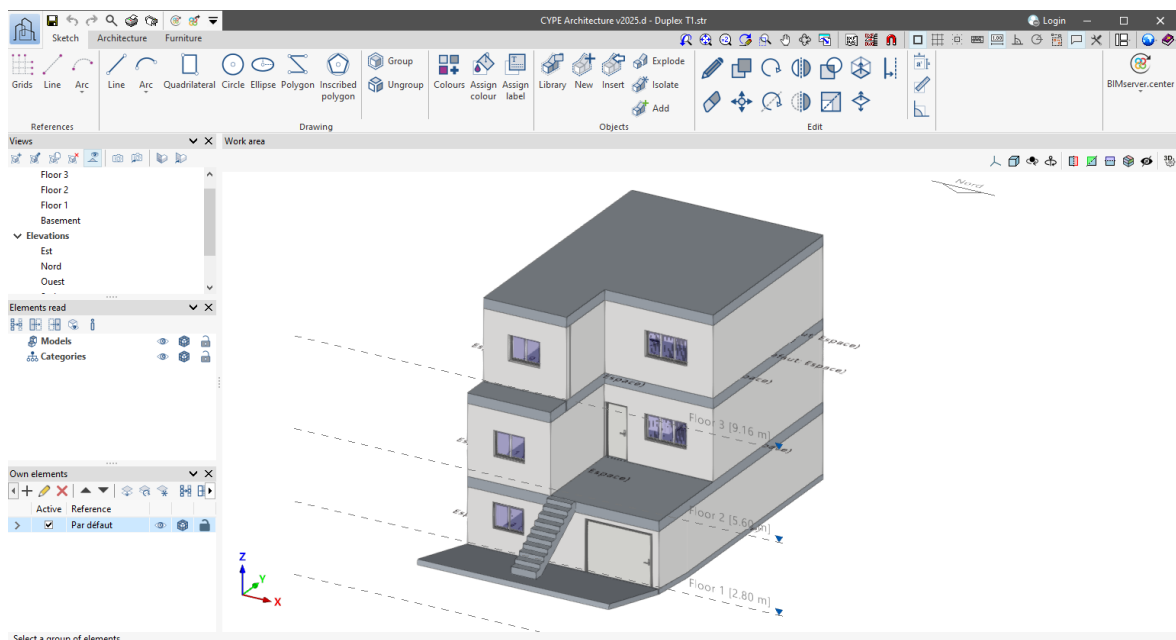


Figura 11 Modelo BIM

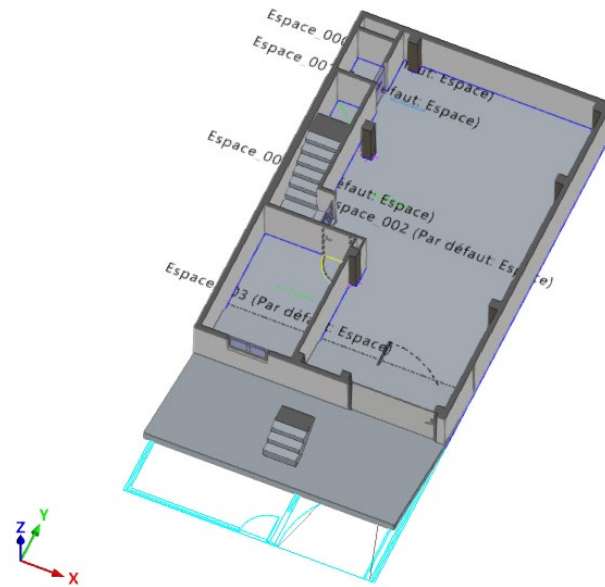


Figura 12 Planta sótano en el modelo BIM

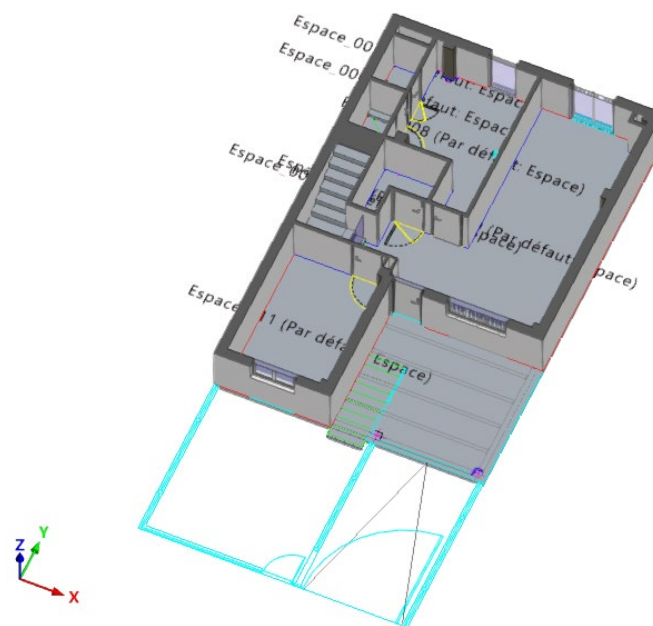


Figura 13 Planta baja en el modelo BIM

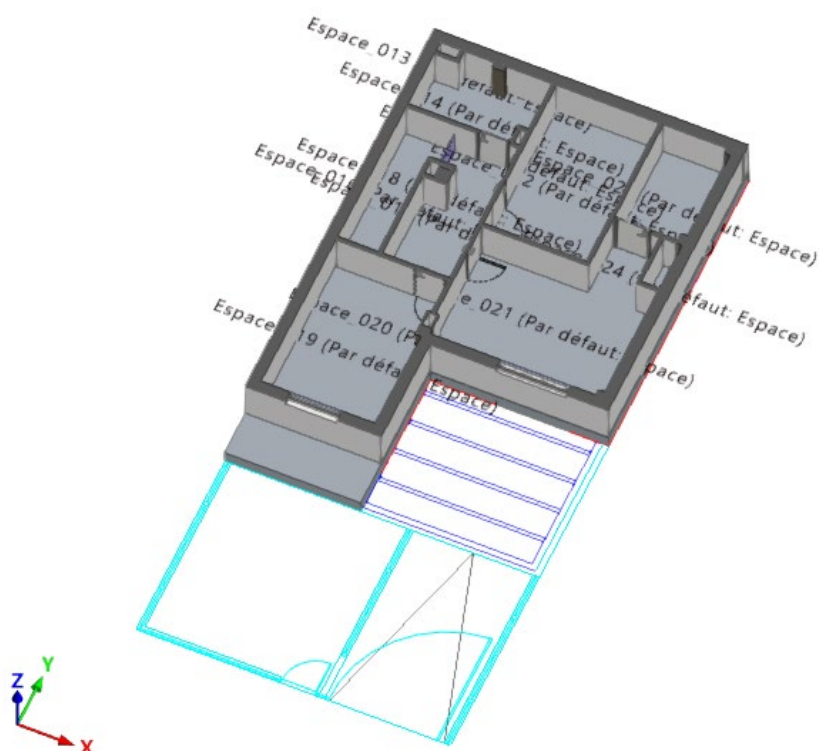


Figura 14 Primera planta en el modelo BIM

3.2. Modelo analítico del edificio.

El **modelo analítico del edificio** está compuesto por los espacios interiores del edificio en los que se divide el volumen interior del edificio con sus características (volumen de espacio, superficies que eliminan el espacio...).

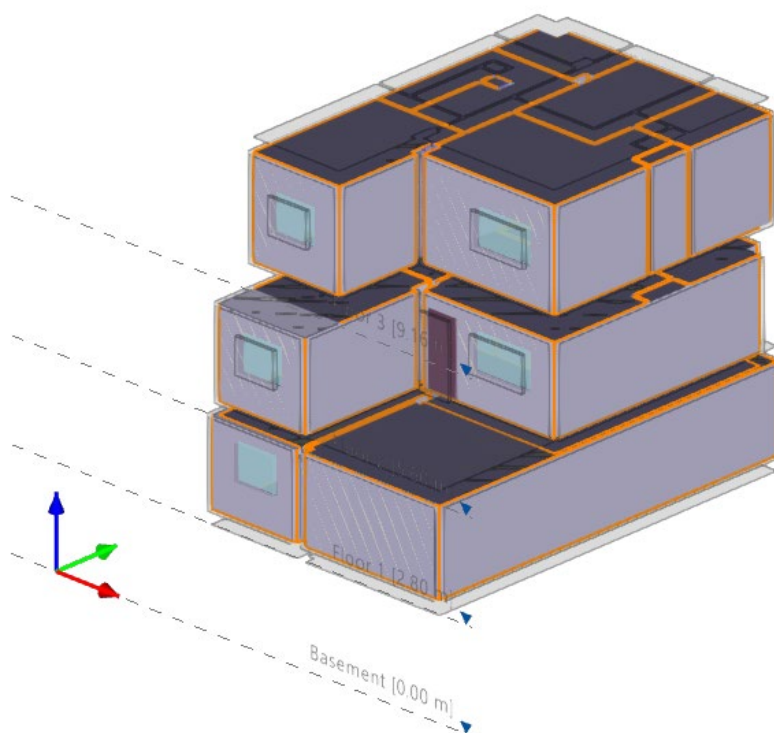


Figura 15 Modelo analítico del edificio.

En este trabajo, los espacios interiores del edificio se han agrupado en 2 zonas diferentes.

Estas zonas son:

-  Z01 - House
-  Z02 - Basement

Zona 1 (Vivienda) es la vivienda. Es la zona acondicionada del edificio.

Zona 2 (Sótano): no es habitable.

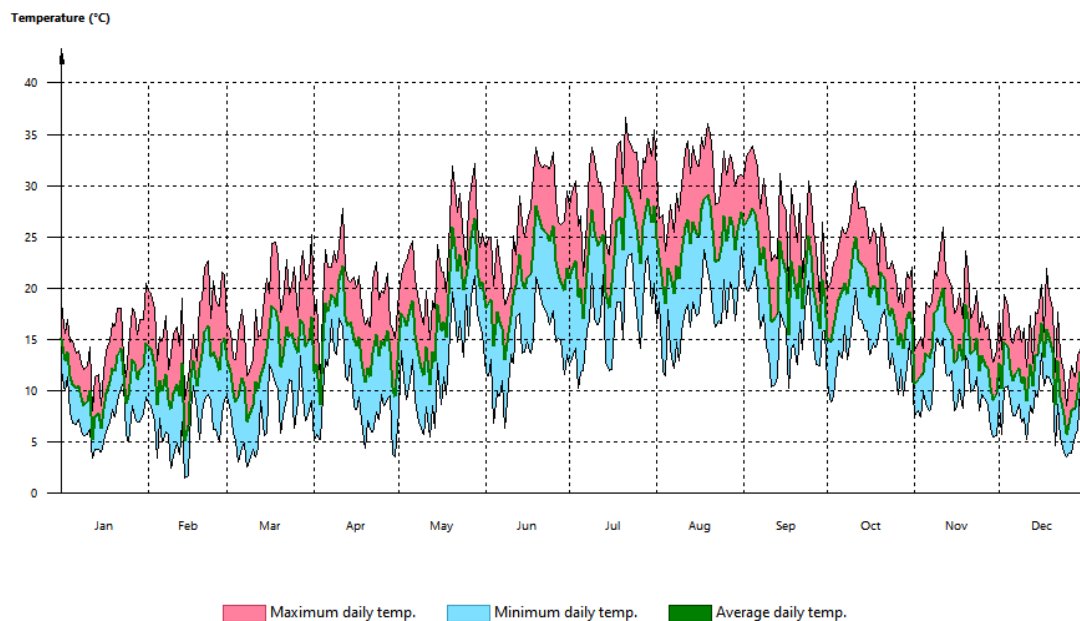
La **ventilación** del edificio existente consiste en ventilación natural.

Las necesidades de ventilación introducidas en el modelo han sido de **0,63 renovaciones de aire interior por hora** para viviendas, zonas comunes, cocinas y baños, y 1 renovación por hora para el sótano.

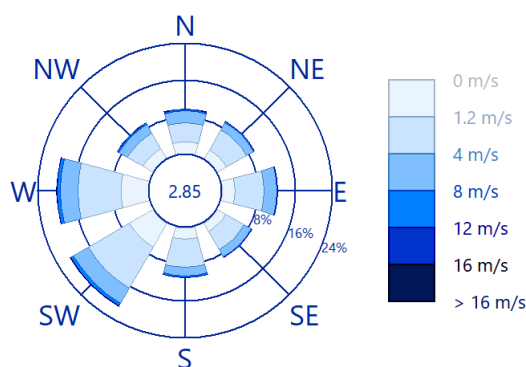
3.3. Zona climática

La zona climática en la que se encuentra la vivienda es la B3 según la normativa española de eficiencia energética en edificios. La B3 corresponde a una zona climática con inviernos suaves y veranos calurosos.

Los datos de la **temperatura exterior** considerados en este caso práctico en esta zona climática son los siguientes:



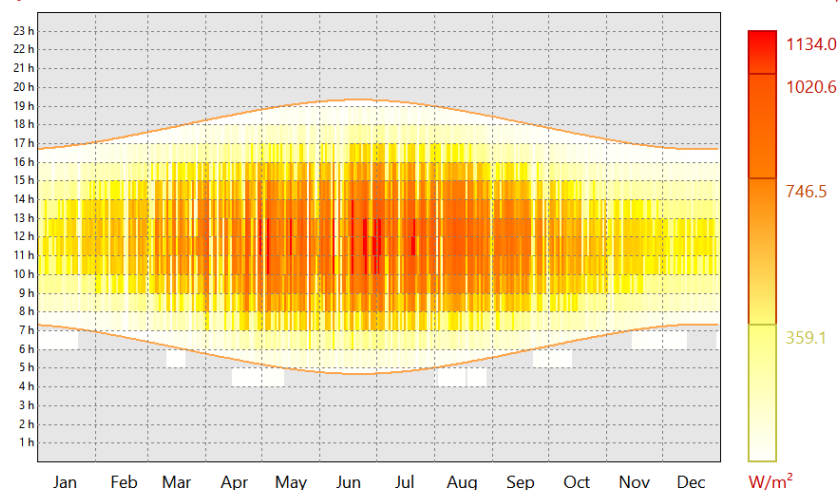
Distribución del viento:



Irradiación solar en el emplazamiento de la vivienda:

El siguiente gráfico muestra la irradiancia global sobre una superficie horizontal

$$Q = 73.8 + 88.9 + 130.5 + 156.7 + 194.2 + 204.3 + 219.7 + 197.9 + 150.2 + 113.8 + 79.0 + 66.0 = 1675.01 \text{ kWh/m}^2$$



3.4. Condiciones de funcionamiento de los espacios acondicionados para uso residencial privado

Para el análisis energético del edificio se han utilizado las condiciones de funcionamiento de los espacios acondicionados del edificio, que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 1: Condiciones de funcionamiento de los espacios acondicionados del edificio para uso residencial privado

		Horario (semana típica)			
		0:00-6:59	7:00-14:59	15:00-22:59	23:00-23:59
Temperatura de consigna alta (°C)	Enero a mayo	--	--	--	--
	De junio a septiembre	25	--	25	27
	Octubre a diciembre	--	--	--	--
Temperatura de consigna baja (°C)	Enero a mayo	17	20	20	17
	Junio a septiembre	--	--	--	--
	Octubre a diciembre	17	20	20	17

3.5. Modelo energético de edificios

Un modelo energético de edificios es una simulación digital detallada del consumo energético de un edificio, creada para analizar y predecir su rendimiento energético. Incluye datos como la geometría del edificio, su orientación, los materiales de construcción, los niveles de aislamiento, los sistemas de climatización, la iluminación, los patrones de ocupación y los datos climáticos locales. El modelo utiliza esta información para calcular el consumo energético para calefacción, refrigeración, iluminación, ventilación y cargas enchufables a lo largo del tiempo.

Este modelo es esencial para:

- Evaluar alternativas de diseño
- Estimar el ahorro energético
- Cumplir con los códigos de construcción
- Apoyar las certificaciones de edificios ecológicos (por ejemplo, LEED, BREEAM)
- Realizar análisis de coste-beneficio de medidas de eficiencia energética

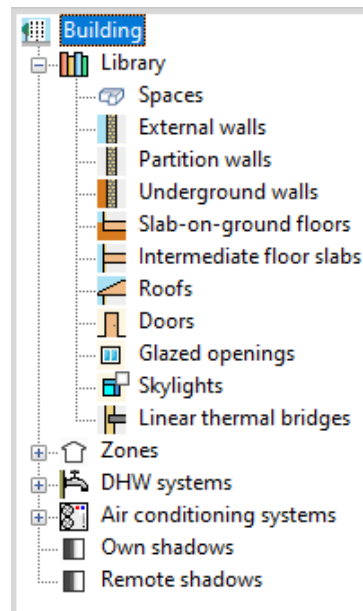


Figura 16: Algunos componentes del modelo energético de edificios

3.6. Proyecto de vivienda unifamiliar española en BIMServer.center

El modelo BIM del edificio, el modelo analítico y el modelo energético de la situación actual del edificio se comparten en la **plataforma BIM BIMServer.center**.

Este proyecto se puede visitar en el siguiente enlace:

<https://bimserver.center/es/project/604611?tab=0>

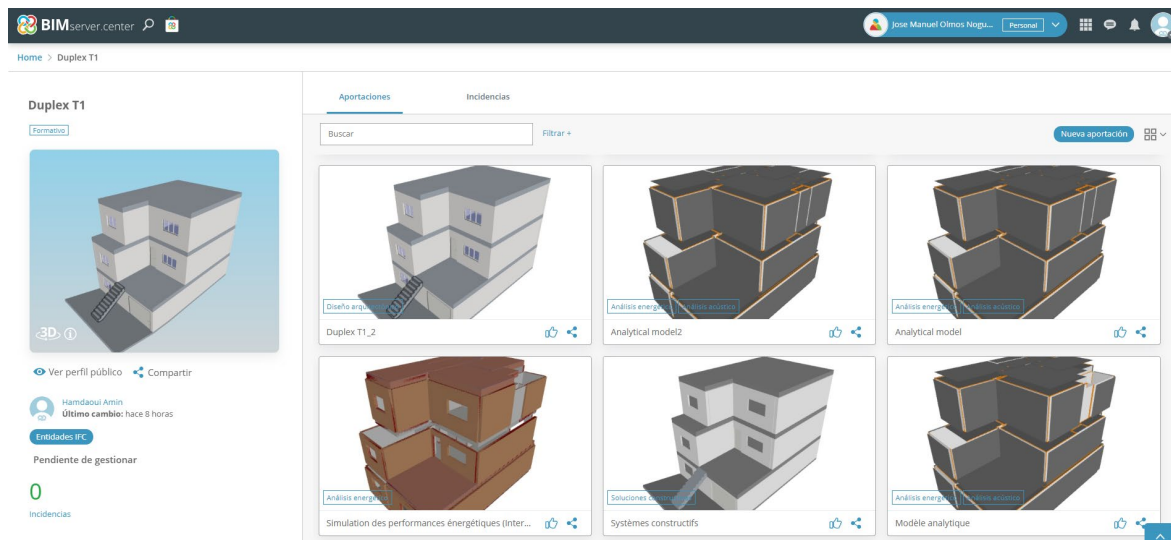
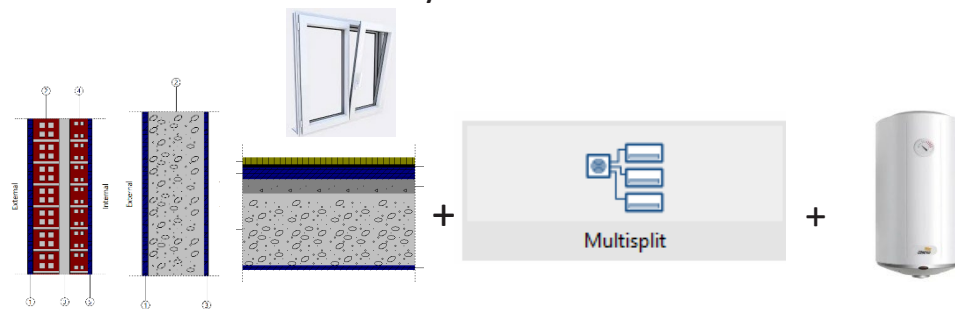


Figura 17: Vivienda unifamiliar en BIMServer.center

3.7. Casos analizados. Descripción

- **Caso 1: Situación inicial 1:** Envoltente sin aislamiento + sistema de expansión directa de calefacción y aire acondicionado + ACS con caldera eléctrica.



(Fachada muro medianero + cubierta)

(Ventanas de cristal simple con marco de aluminio. $U=5,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

Envoltente sin aislamiento + sistema de climatización por expansión directa + ACS con caldera eléctrica.

- **Caso 2: Situación inicial 2:** Envoltente sin aislamiento + Caldera de gas y radiadores para calefacción y ACS+ Sistema de refrigeración multisplit de expansión directa.



(Fachada muro medianero + cubierta)

(Ventanas de cristal simple con marco de aluminio. $U=5,7 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

Envoltente sin aislamiento + Caldera de gas y radiadores para calefacción y ACS+ Aire acondicionado con sistema multisplit de expansión directa.

Production set

Reference: Boiler 1

Boiler

Heating

☐ Rated capacity Sizing factor: 1.00

Rated efficiency: 0.80

Fuel type: Natural gas

Operating parameters

Performance curves

Performance curves: By default

Boiler type: Hot water boiler

Hot water distribution

Design parameters

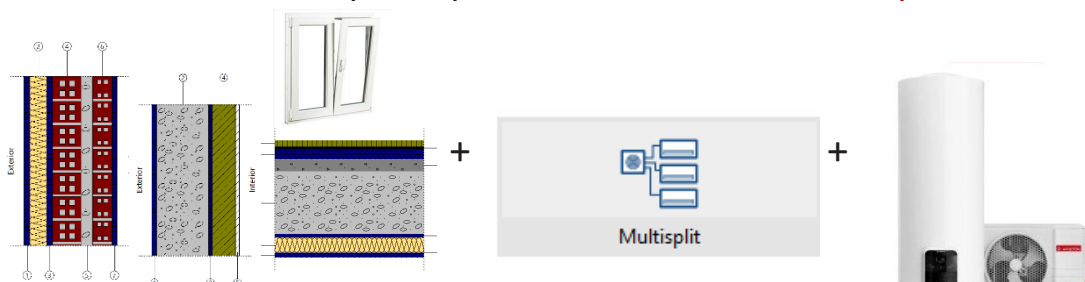
Design setpoint temperature: 82.0 °C

Design delta temperature: 11.1 °C

Fluid type: Water

Figura 18: Características de la caldera de gas para calefacción y ACS

- **Caso 3: Mejora 1 del caso 1 de la situación inicial. Envoltente mejorada 6 cm. Aislamiento + Ventanas de PVC de doble acristalamiento con gas argón + sistema multisplit de expansión directa H&AC + bomba de calor para ACS.**



(Fachada muro medianero tejado)

(Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

Envoltente mejorada: capa aislante de 6 cm + sistema multisplit de expansión directa H&AC + bomba de calor para agua caliente sanitaria.

Características de la bomba de calor para agua caliente

- Potencia nominal 1500 W
- SCOP: 3,57 según la norma EN-16147
- Capacidad de acumulación: 200 litros.



- **Caso 4: Mejora 2 del caso 1 de situación inicial. Envoltente mejorada 6 cm. Aislamiento + ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón+. Sistema multisplit de expansión directa H&AC + bomba de calor para ACS + Paneles fotovoltaicos.**



Caso 3+ 12 m2 de paneles fotovoltaicos de (161,6 W/m2)



Características de los paneles fotovoltaicos:

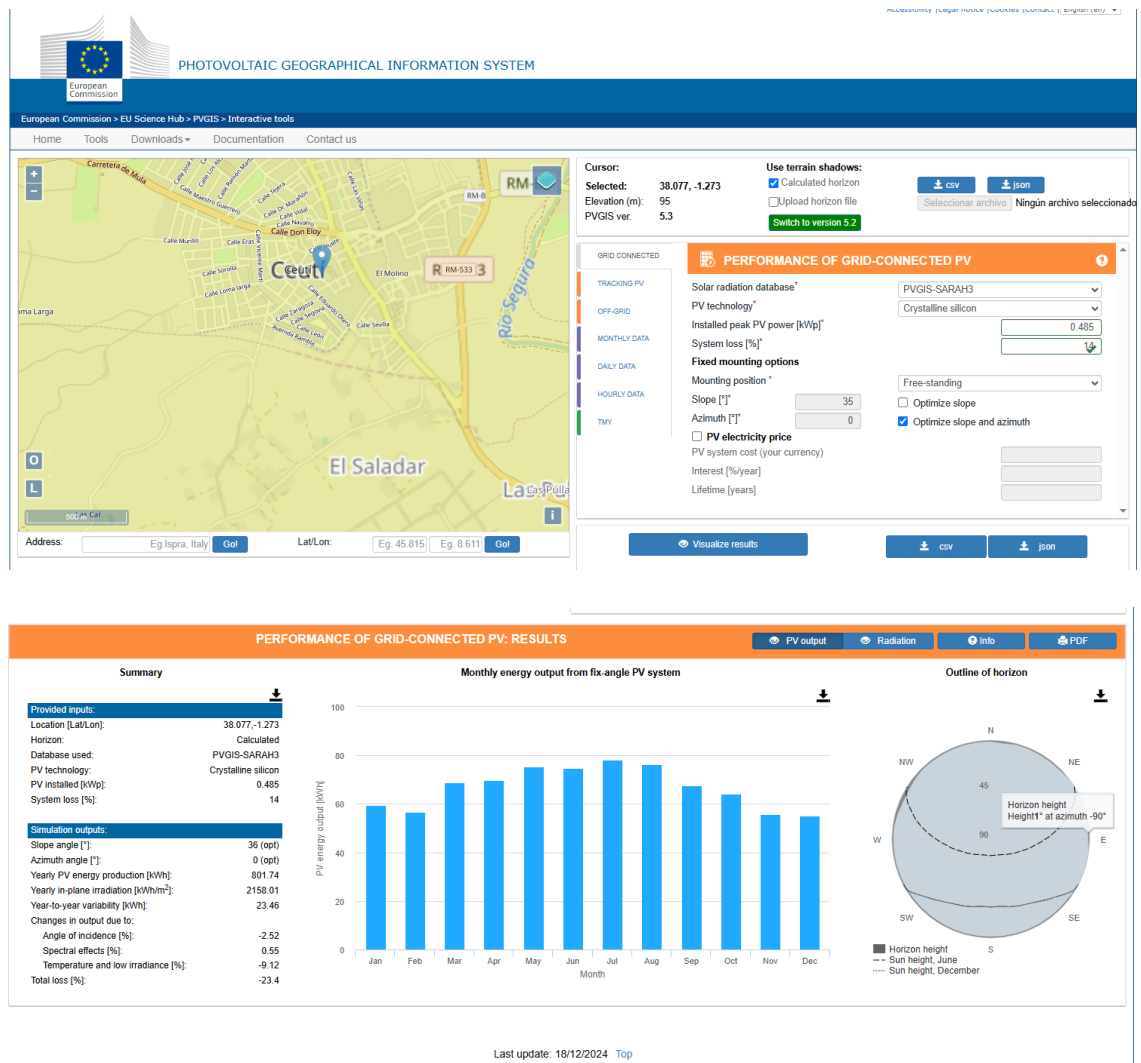
La potencia del módulo es de 485 W, con una eficiencia del 22,4 %.

Tamaño del panel (módulo): 3 m².

Orientación (ángulo acimutal): 0°

Ángulo de inclinación: 35°

Número de paneles utilizados: 4

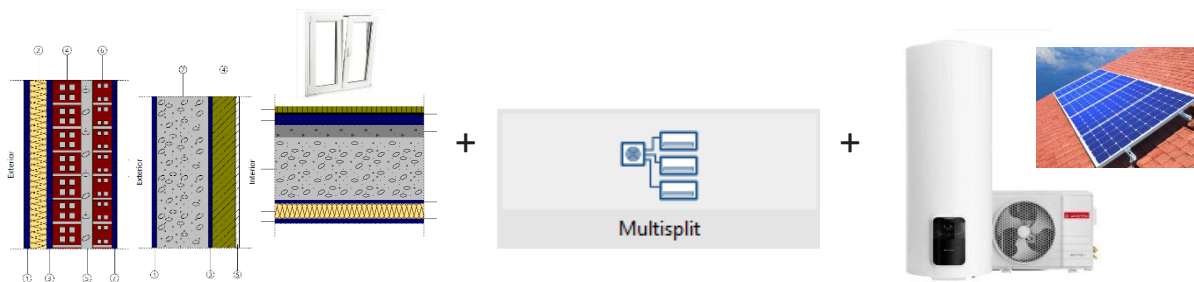


Producción energética mensual del sistema fotovoltaico en Ceutí (España):

	Producción energética por panel	Número de paneles	Producción energética
	kWh		kWh
Enero	59,6	4	238,4
Febrero	56,8	4	227,2

	Producción energética por panel kWh	Número de paneles	Producción energética kWh
marzo	68,7	4	274,8
Abr	69,7	4	278,8
mayo	75,4	4	301,6
Junio	74,9	4	299,6
Julio	78,1	4	312,4
Agosto	76,3	4	305,2
Septiembre	67,5	4	270
Octubre	64	4	256
Noviembre	55,8	4	223,2
Diciembre	55	4	220
Total	801,8		3207,2

- **Caso 5: Mejora 3 del caso 1 de la situación inicial. Envoltente mejorada 10 cm. Aislamiento+ . Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón.+ . Sistema multisplit de expansión directa H&AC + bomba de calor + paneles fotovoltaicos. (Caso 4 pero con 10 cm de capa aislante en la envoltente).**

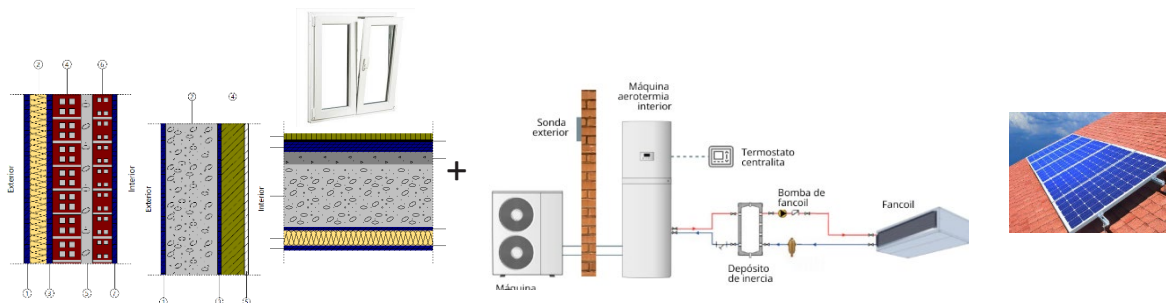


(Fachada muro medianero cubierta)

(Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

(Caso 4 pero con 10 cm de capa aislante en el cerramiento).

- **Caso 6: Mejora 4 de la situación inicial del caso 1. Envoltente mejorada 6 cm. Aislamiento+ . Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón+ . H&AC y ACS aerotérmico con fan coil + paneles fotovoltaicos.**



(Fachada muro medianero y tejado)

Sistema aerotérmico con fan coils

(Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

Características del sistema aerotérmico con fan coils para calefacción y refrigeración.

☒ With domestic hot water production

Outdoor unit
Compact: 8 kW (VWL 85/6 A 230V S3)

Hydraulic tower
Equipment: VIH QW 190/6 E

Gross rated heating capacity: 7370 W
Gross rated heating COP: 4.42
Gross rated total cooling capacity: 7200 W
Gross rated cooling COP: 2.7

Heating
Design setpoint temperature: 45.0 °C Design delta temperature: 5.0 °C

☒ **Cooling**
Design setpoint temperature: 7.0 °C Design delta temperature: 5.0 °C

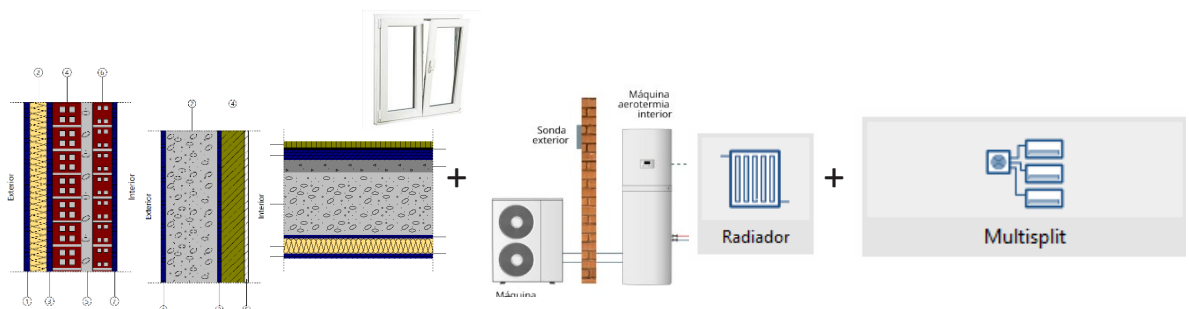
Unidad fan coil:

Equipment

Wall-mounted: VA 1-025 WN

Gross rated total cooling capacity: 2700 W
Nominal cooling power: 2150 W
Gross rated heating capacity: 2940 W
Supply air flow: 136.667 l/s

- **Caso 7: Mejora 1 del caso 2 de la situación inicial.** Envolverte mejorada 6 cm. Aislamiento + **Aerotérmica** con radiadores **para calefacción y ACS+** . Refrigeración con sistema multisplit de expansión directa.



(Fachada muro medianero tejado) + Sistema de calefacción aerotérmica con radiadores
+ Sistema de aire acondicionado por expansión directa.

(Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Características del sistema aerotérmico para calefacción y ACS:

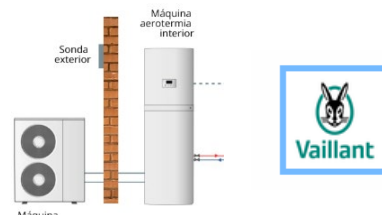
Outdoor unit

Compact: 8 kW (VWL 85/6 A 230V S3)

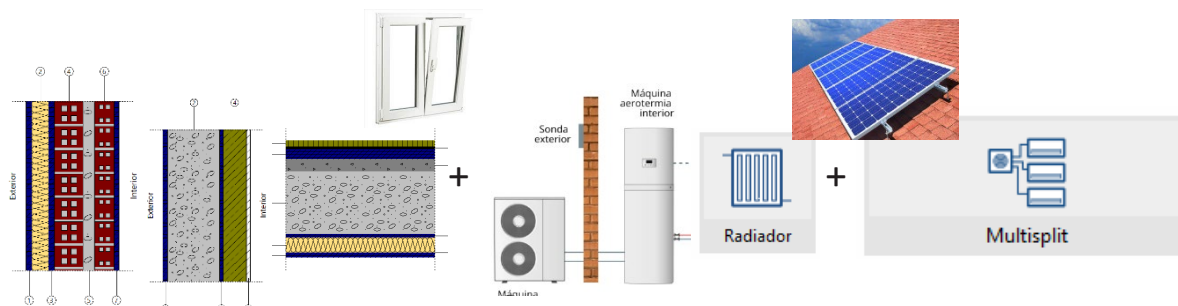
Gross rated heating capacity: 7370 W
Gross rated heating COP: 4.42
Gross rated total cooling capacity: 7200 W
Gross rated cooling COP: 2.7

Hydraulic tower

Equipment: VIH QW 190/6 E



- **Caso 8: Mejora 2 de la situación inicial caso 2.** Envolverte mejorada 6 cm de aislamiento + **Aerotermia** con radiadores **para calefacción y ACS**+ Refrigeración con sistema multisplit de expansión **directa** + **. Paneles fotovoltaicos.**



(Fachada muro medianero tejado) + Sistema de calefacción aerotérmica con radiadores + Refrigeración multisplit sistema de expansión directa.
 (Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

Tabla 2: Resumen de los casos estudiados. Situaciones iniciales y mejoras

Situación inicial de la vivienda	Vivienda con mejora
Caso 1: Situación inicial 1: Envolverte sin aislamiento + sistema de expansión directa H&AC + ACS con caldera eléctrica.	Caso 3: Mejora 1 de la situación inicial del caso 1. Envolverte mejorada con 6 cm de aislamiento + ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón + sistema de aire acondicionado y calefacción por expansión directa multisplit + bomba de calor para ACS
	Caso 4: Mejora 2 de la situación inicial del caso 1. Envolverte mejorada con 6 cm de aislamiento + ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón + sistema multisplit de aire acondicionado y calefacción por expansión directa + bomba de calor para agua caliente sanitaria + paneles fotovoltaicos. (caso 3 + paneles fotovoltaicos)
	Caso 5: Mejora 3 del caso 1 de la situación inicial. Envolverte mejorada 10 cm. Aislamiento+ . Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón + sistema multisplit de expansión directa H&AC + bomba de calor para agua caliente sanitaria + paneles fotovoltaicos. (Caso 4, pero con 10 cm de capa aislante en la envolverte).
Caso 2: Situación inicial 2: Envolverte sin aislamiento + Sistema de calefacción y ACS: Caldera de gas y radiadores + Sistema de refrigeración: sistema multisplit de expansión directa	Caso 6: Mejora 4 de la situación inicial del caso 1. Envolverte mejorada 6 cm. Aislamiento + ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón + sistema de climatización y agua caliente sanitaria aerotérmica con fan coil + paneles fotovoltaicos.
	Caso 7: Mejora 1 de la situación inicial del caso 2. Envolverte mejorada 6 cm de aislamiento + Aerotermia con radiadores para calefacción y ACS + Refrigeración con sistema multisplit de expansión directa.
	Caso 8: Mejora 2 de la situación inicial del caso 2. Envolverte mejorada con 6 cm de aislamiento + Aerotermia con radiadores para calefacción y ACS + Refrigeración con sistema multisplit de expansión directa + Paneles fotovoltaicos. (Caso 7 + Paneles fotovoltaicos)

3.8. Resultados del caso. Consumo energético y calificación energética del edificio existente.

En esta sección y en la siguiente se muestra el consumo anual de energía final, energía primaria y energía primaria no renovable correspondiente a los diferentes servicios técnicos del edificio para las 2 situaciones iniciales del edificio y para las 5 alternativas para mejorar su rendimiento energético. El consumo de los servicios de calefacción y refrigeración incluye el consumo eléctrico de los equipos auxiliares de los sistemas de climatización.

Además, se muestra la calificación energética de los casos estudiados (las dos situaciones iniciales y las cinco alternativas de mejora). Esta calificación se ha calculado siguiendo la normativa española, teniendo en cuenta la zona climática: B3

Para aclarar conceptos, se introducen aquí algunas definiciones:

Consumo total de energía primaria.

El consumo total de energía primaria en el contexto de un análisis de eficiencia energética de un edificio se refiere a la cantidad total de energía procedente de todas las fuentes (como electricidad, gas, petróleo o energías renovables) que se necesita para hacer funcionar el edificio, incluida la energía utilizada para producir y distribuir dicha energía.

Más concretamente:

- «**Energía primaria**» es la energía en su forma original, sin transformar, antes de ser convertida en electricidad o calor. Por ejemplo, el carbón, el gas natural, el petróleo crudo o la luz solar.
- Esto incluye la energía **utilizada in situ** (como el gas para calefacción) y la **energía convertida** (como la electricidad), pero también tiene en cuenta las **pérdidas que se producen durante la generación, el transporte y la distribución**.

Por lo tanto, el consumo total de energía primaria indica la cantidad de energía bruta que se necesita en última instancia para hacer funcionar el edificio, lo que ofrece una visión completa de su impacto medioambiental.

Consumo de energía primaria de origen no renovable.

El consumo de energía primaria de origen no renovable se refiere a la **cantidad total de energía primaria no renovable** utilizada para el funcionamiento de un edificio, incluyendo:

- **Combustibles fósiles:** carbón, gas natural y petróleo
- **Energía nuclear**
- **Cualquier otra fuente de energía no renovable**

Esta medición incluye:

- La energía **utilizada directamente in situ**, como el gas natural para calefacción
- La energía **utilizada indirectamente**, como la electricidad generada a partir del carbón o el gas (incluidas las pérdidas derivadas de la generación y el transporte)

El consumo de energía en el punto de consumo (energía final).

El consumo de energía en el punto de consumo, también conocido como **consumo final de energía**, se refiere a la **cantidad de energía realmente utilizada por el edificio** para sus diversas funciones, tales como:

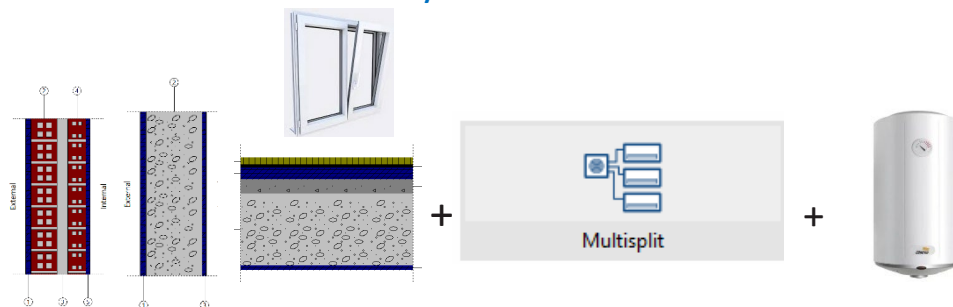
- **Calefacción**
- **Refrigeración**
- **Iluminación**
- **Agua caliente**
- **Electrodomésticos y equipos**

Se trata de la **energía suministrada al edificio y medida en el contador**, como las facturas de electricidad o el consumo de gas. **No incluye las pérdidas de energía** que se producen durante la producción, la conversión o la transmisión (que se incluyen en *la energía primaria*).

En resumen:

- **Energía final** = Energía utilizada **dentro del edificio**, tal y como la percibe el usuario.
- **Energía primaria** = Energía final **más pérdidas en las fases previas** (por ejemplo, eficiencia de la central eléctrica, pérdidas en la transmisión de la red).

- **Caso 1: Situación inicial 1: Envoltente sin aislamiento + sistema de expansión directa de calefacción y aire acondicionado + ACS con caldera eléctrica.**



(Fachada muro medianero + tejado)

(Ventanas de cristal simple con marco de aluminio. $U=5,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

Envoltente sin aislamiento + sistema de climatización por expansión directa+ Agua caliente sanitaria con caldera eléctrica

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Calefacción	6509,13	55,93	8858,99	76,12	3356,51	28,84
Refrigeración	473,72	4,07	1121,75	9,64	925,65	7,95
DHW	7469,42	64,18	17 687,61	151,99	14595,27	125,42
	14 452,27	124,19	27 668,47	237,75	18 877,44	162,21
Requisitos de la norma española			< 80,00		< 55,00	
kWh/m ² ·año			NO! kWh/m ² ·año		NO!	

donde:

S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

EF: Energía final consumida por el servicio técnico en el punto de consumo.

EP_{tot} Consumo total de energía primaria.

:

EP_{nren} Consumo de energía primaria de origen no renovable.

:

Consumo final de energía del edificio. Resultados mensuales.

		Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)															
Demanda energética	Calefacción	1529,5	1108,3	909,5	486,1	253,7	--	--	--	--	48,1	640,7	1378,7	6354,6	54,6
	Refrigeración	--	--	--	--	--	180,7	488,1	539,1	211,4	--	--	--	1419,3	12,2
	DHW	244,3	220,7	240,1	227,6	226,8	211,2	209,8	205,6	207,2	223,1	228,2	244,3	2689,0	23,1
	TOTAL	1773,8	1329,0	1149,5	713,7	480,5	392,0	697,9	744,8	418,5	271,3	869,0	1623,0	10 462,9	89,9
Electricidad	Calefacción	409,5	298,8	246,5	132,8	69,1	0,8	2,0	2,2	0,9	13,2	172,1	369,9	1717,8	14,8
	Refrigeración	3,1	2,3	1,8	1,0	0,5	59,8	157,9	174,4	68,9	0,1	1,2	2,8	473,7	4,1
	DHW	678,6	613,0	666,9	632,3	629,9	586,8	582,9	571,2	575,5	619,9	634,0	678,6	7469,4	64,2
	Ventilación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Control de humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Iluminación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Calefacción	1155,6	835,4	684,4	365,0	189,9	--	--	--	--	36,0	483,1	1042,0	4791,4	41,2
Medio ambiente	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	C_{ef,tot}	2246,8	1749,4	1599,6	1131,0	889,4	647,3	742,7	747,8	645,3	669,1	1290,4	2093,3	14 452,3	124,2

donde:



S_{u} : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m^2 .

$C_{ef,total}$: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), $kWh/m^2 \cdot año$.

Clase energética del edificio: Caso 1. Situación inicial 1.

Zona climática (eq.)	B3	Uso	Vivienda privada
----------------------	----	-----	------------------

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

1.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN	Aguas calientes sanitarias	
	Emisiones de calefacción [$kgCO_2 / m^2 \cdot año$]	A	Emisiones de ACS [$kgCO_2 / m^2 \cdot año$]
	4,89		21,25
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [$kgCO_2 / m^2 \cdot año$] ⁽¹⁾	Emisiones de refrigeración [$kgCO_2 / m^2 \cdot año$]	A	Emisiones de iluminación [$kgCO_2 / m^2 \cdot año$]
	1,35		-

2.

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

	$kgCO_2 / m^2 \cdot año$	$kgCO_2 \cdot año$
Emisiones de CO2 procedentes del consumo eléctrico	27,48	3197,76
Emisiones de CO2 procedentes de otros combustibles	0	0

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

3.

La energía primaria no renovable es la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión o transformación.

4.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN	Aguas sanitarias	
	Energía primaria para calefacción [$kWh/m^2 \cdot año$]	A	ACS Energía primaria [$kWh/m^2 \cdot año$]
	28,84		125,42
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Consumo mundial de energía primaria no renovable [$kWh/m^2 \cdot año$] ⁽¹⁾	Energía primaria para refrigeración [$kWh/m^2 \cdot año$]	A	Energía primaria para iluminación [$kWh/m^2 \cdot año$]
	7,95		-

CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

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

5.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
6. Demanda de calefacción [$kWh/m^2 \cdot año$]	Demanda de refrigeración [$kWh/m^2 \cdot año$]

1 El indicador global es el resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador de consumo auxiliar, si lo hay (solo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc.). La electricidad autoconsumida solo se deduce del indicador global, no de los valores parciales.

- Caso 2: Situación inicial 2: Envoltente sin aislamiento + Caldera de gas y radiadores para calefacción y ACS + Sistema de refrigeración multisplit de expansión directa**



(Fachada muro medianero + cubier
 (Ventanas de cristal simple con marco de aluminio. $U=5,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Envoltente sin aislamiento + Caldera de gas y radiadores para calefacción y ACS + Aire acondicionado con sistema multisplit de expansión directa.

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Calefacción	7986,61	68,63	9631,15	82,76	9524,55	81,84
Refrigeración	529,43	4,55	1253,60	10,77	1034,46	8,89
DHW	2835,66	24,37	3388,63	29,12	3374,43	29,00
	11 351,69	97,54	14 273,38	122,65	13 933,44	119,73
Requisitos de la norma española kWh/m ² ·año				< 80,00 NO!	kWh/m ² ·año	< 55,00 NO!

donde:

S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

EF: Energía final consumida por el servicio técnico en el punto de consumo.

EP_{tot} Consumo total de energía primaria.

:

EP_{nren} Consumo de energía primaria de origen no renovable.

:

Consumo final de energía del edificio. Resultados mensuales.

		Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)															
Demanda energética	Calefacción	1529	1107,9	909,1	485,9	253,6	--	--	--	--	48,1	640,5	1378,3	6352,3	54,6
	Refrigeración	--	--	--	--	--	180,7	488,1	539,1	211,4	--	--	--	1419,3	12,2
	DHW	208,6	188,4	204,4	193,1	191,0	176,7	174,1	169,9	172,6	187,4	193,7	208,6	2268,5	19,5
	TOTAL	1737,6	1296,3	1113,5	678,9	444,6	357,4	662,2	709,0	384,0	235,5	834,1	1586,9	10040,1	86,3
Electricidad	Calefacción	14,1	11,6	10,4	6,7	3,9	1,3	3,4	3,8	1,5	1,2	8,6	13,4	80,0	0,7
	Refrigeración	11,9	9,7	8,9	5,8	3,5	60,6	161,1	177,4	70,3	1,2	7,5	11,5	529,4	4,5
	Aguas sanitarias	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Ventilación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Control de humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Gas natural	Iluminación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Calefacción	1899,5	1372,9	1126,1	600,0	312,9	--	--	--	--	58,6	791,3	1711,3	7872,5	67,6
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	260,7	235,5	255,4	241,3	238,8	220,9	217,6	212,4	215,8	234,3	242,1	260,7	2835,6	24,4
Medio ambiente	Calefacción	7,5	6,4	4,8	3,1	1,4	--	--	--	--	0,1	4,1	6,9	34,1	0,3
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C_{ef,total}		2193,7	1636,1	1405,7	856,9	560,5	282,8	382,1	393,6	287,6	295,4	1053,5	2003,8	11 351,7	97,5

donde:

S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

$C_{ef,total}$: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), kWh/m²·año.



Clasificación energética del edificio: Caso 2. Situación inicial 2.

Zona climática (eq.)	B3	Uso	Vivienda privada
----------------------	----	-----	------------------

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

1.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN	Aguas calientes sanitarias	
	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	A	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
	17,28		6,14
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² ·año] ⁽¹⁾	Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	A	Emisiones de iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]
	1,51		-

2.

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

	kgCO ₂ / m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones de CO ₂ procedentes del consumo eléctrico	1,73	201,71
Emisiones de CO ₂ procedentes de otros combustibles	23,1	2698,47

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

3.

La energía primaria no renovable se refiere a la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión o transformación.

4.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN	Aguas sanitarias	
	Energía primaria para calefacción [kWh/m ² ·año]	A	ACS Energía primaria [kWh/m ² ·año]
	81,84		29
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Consumo mundial de energía primaria no renovable [kWh/m ² ·año] ⁽¹⁾	Energía primaria para refrigeración [kWh/m ² ·año]	A	Energía primaria para iluminación [kWh/m ² ·año]
	8,89		-

CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

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

5.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
6. Demanda de calefacción [kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración [kWh/m ² ·año]

¹ El indicador global es el resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador de consumo auxiliar, si lo hay (solo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc.). La electricidad autoconsumida solo se deduce del indicador global, no de los valores parciales.