



**Universidad
Europea**

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

***TRANSICIÓN HACIA CONSUMO
ENERGÉTICO CASI NULO EN UNA
VIVIENDA UNIFAMILIAR***

Alumno: D. Iván Real Márquez

Director: D. Alberto Gutiérrez Escolar

SEPTIEMBRE 2024

TÍTULO: TRANSICIÓN HACIA CONSUMO ENERGÉTICO CASI NULO EN
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

AUTOR: IVÁN REAL MÁRQUEZ

DIRECTOR DEL PROYECTO: D. ALBERTO GUTIÉRREZ ESCOLAR

FECHA: 20 de SEPTIEMBRE de 2024

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fin de máster consiste en el estudio y análisis de una vivienda unifamiliar existente en la que se pretende proponer instalaciones y mejoras que consigan aumentar al máximo la eficiencia energética de la misma para acercarse a una vivienda de consumo casi nulo o nZEB (nearly ZERO Energy Building).

A lo largo de este trabajo fin de máster se introducirá la normativa y conceptos relacionados con las edificaciones de consumo casi nulo, así como la evolución actual de las mismas.

Se comenzará con un análisis inicial a nivel energético de la vivienda unifamiliar a estudio en términos de envolvente, orientación, demanda energética, ventilación, sistema de climatización y gestión del agua para posteriormente proponer una serie de mejoras y diseñar parte de las instalaciones que acerquen o logren que esta vivienda pase a una calificación energética de nZEB.

Junto con el estudio y mejoras propuestas para la vivienda, se realizará un análisis económico detallado que aporte datos fehacientes del ahorro, así como de la estimación de amortización de las mejoras propuestas.

Por último, y relacionado con el apartado anterior, se detallarán las ayudas y subvenciones actuales en el marco nacional y europeo para las instalaciones propuestas lo cual está estrechamente relacionado con la amortización de la inversión a realizar.

Palabras clave: Eficiencia energética, vivienda de consumo casi nulo, ayudas y subvenciones.

ABSTRACT

The main objective of this master's thesis, consists of the study and analysis of an existing single-family home in which it is intended to propose improvements that will maximize its energy efficiency to get as close as possible to a nZEB building (nearly Zero Energy Building).

Throughout this master's thesis, the regulations and concepts related to nZEB buildings will be introduced, as well as their current evolution.

This study will begin with an initial energy analysis of the single-family home under study in terms of envelope, orientation, energy demand, ventilation, air conditioning system and water management to subsequently propose a series of improvements and design part of the facilities that bring or get this home to have an nZEB energy rating.

Along with the study and proposed improvements, a detailed economic analysis will be carried out to provide reliable data on the savings, as well as the estimated amortization of the proposed improvements.

Finally, and related to the previous section, the current subsidies in the national and European framework for the proposed facilities will be detailed, which is closely related to the amortization of the investment to be made.

Keywords: Energy efficiency, nearly zero energy building, subsidies.

Quiero dedicar este trabajo a mi mujer, Isabel por su apoyo incondicional, por su cariño, generosidad y sacrificios personales constantes para que yo haya podido conseguir este logro. Eres muy especial, el pilar de todo, te quiero.

A mis hijas Alba y Elena, qué suerte tengo de teneros, no podría haber tenido unas hijas mejores que vosotras. Sois mi alegría y mi felicidad.

Índice

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
Capítulo 1. Memoria	16
1.1 Introducción	16
1.2 Objetivo	17
1.3 Estado del arte	17
1.4 Viviendas y edificaciones de consumo casi nulo	19
Capítulo 2. Descripción de la vivienda unifamiliar a estudio.	21
2.1 Descripción y localización de la vivienda	21
2.2 Distribución de la vivienda	23
2.3 Orientación	26
2.4 Envolvente	30
2.5 Instalación de fontanería, gas y calefacción	34
2.6 Gestión del agua y ACS	35
2.7 Carpintería exterior	35
2.8 Tabiquería interior	36
2.9 Parcela	39
2.10 Instalación eléctrica y de comunicaciones	39
2.11 Calificación energética	42
Capítulo 3. Optimización y mejoras energéticas propuestas.	45
3.1 Diseño de instalación fotovoltaica con almacenamiento para autoconsumo	45
3.1.1 Radiación solar en España y Europa	46
3.1.2 Generación de energía con paneles solares fotovoltaicos. Principios de funcionamiento	52
3.1.3 Componentes de una instalación solar fotovoltaica	55
3.1.3.1 Paneles solares fotovoltaicos	55
3.1.3.1.1 Características eléctricas de un panel solar fotovoltaico	57
3.1.3.1.2 Conexión de los módulos fotovoltaicos	61

3.1.3.1.3 Estructura soporte de los paneles solares	62
3.1.3.2 Inversores	63
3.1.3.3 Baterías	64
3.1.3.4 Reguladores de carga.....	66
3.1.3.5 Cableado y protecciones.....	67
3.1.4 Diseño de la instalación solar fotovoltaica de la vivienda.....	70
3.1.4.1 Características de la vivienda y ubicación geográfica.....	70
3.1.4.2 Climatología de la zona.....	71
3.1.4.3 Irradiación solar	73
3.1.4.4 Consumo anual de la vivienda	75
3.1.4.5 Dimensionado de la instalación.....	77
3.1.4.5.1 Selección de los paneles	84
3.1.4.5.2 Estimación de las pérdidas.	86
3.1.4.5.3 Energía anual y diaria producida.	90
3.1.4.5.4 Soporte de la instalación y distribución de paneles	92
3.1.4.5.5 Dimensionado y selección de la batería	95
3.1.4.5.6 Dimensionado y selección del regulador de carga	97
3.1.4.5.7 Dimensionado y selección del inversor	99
3.1.4.5.8 Cableado y protecciones	100
3.2 Mejora en la envolvente de la vivienda	108
3.3 Mejoras en el sistema de gas y calefacción	112
Capítulo 4. Normativa aplicable	115
Capítulo 5. Estudio económico	119
5.1 Rentabilidad del proyecto	121
Capítulo 6. Ayudas y subvenciones	126
Capítulo 7. Pliego de condiciones	132
7.1 Objeto.....	132
7.2 Alcance	132
7.3 Plazos.....	132
7.4 Cronograma del proyecto	133
7.5 Especificaciones técnicas de los materiales	135
7.5.1 Paneles solares	135
7.5.2 Soporte de los paneles	135

7.5.3	Baterías.....	135
7.5.4	Regulador de carga.....	136
7.5.5	Inversor.....	136
7.5.6	Cableado.....	136
7.5.7	Protecciones	136
7.6	Seguridad.....	136
7.7	Ejecución de la obra	137
7.8	Mantenimiento y conservación.	137
Capítulo 8.	Líneas futuras de trabajo	139
Capítulo 9.	Conclusiones	141
Capítulo 10.	Bibliografía.....	143
ANEXO TÉCNICO	145
ANEXO PLANOS	204

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura sectorial del consumo de energía final (IDAE, 2018).

Figura 2: Localización de la vivienda dentro de la CCMM.

Figura 3. Imagen de la vivienda unifamiliar pareada.

Figura 4. Parcela catastral de la vivienda.

Figura 5. Plano en planta exterior de la vivienda y parcela.

Figura 6. Fachada anterior de la vivienda.

Figura 7. Fachada posterior de la vivienda.

Figura 8. Orientación de la vivienda.

Figura 9. Plano de la planta baja con su orientación.

Figura 10. Plano de la buhardilla con su orientación.

Figura 11. Pilotaje y estructura inferior de la vivienda.

Figura 12. Detalle de los pilares y muro de carga de la vivienda.

Figura 13. Forjado de planta superior apoyado en pilares y muro de carga.

Figura 14. Viguetas del forjado de planta inferior y superior con bovedilla de polietileno extruido.

Figura 15. Cerramiento de la envolvente.

Figura 16. Estructura de tejado.

Figura 17. Huecos de ventanas con envolvente cerrada.

Figura 18. Caldera de gas convencional de la vivienda.

Figura 19. Vista de sección de la caldera de gas.

Figura 20. Tabiquería interior de yeso mallado instalado en la vivienda.

Figura 21. Medidas de los paneles de tabiquería. Fuente: panelsystem.es

Figura 22. Aislamiento acústico de los paneles de tabiquería interior. Fuente: panelsystem.es

Figura 23. Aislamiento térmico de los paneles de tabiquería interior. Fuente: panelsystem.es

Figura 24. Certificado de resistencia al fuego de los paneles de tabiquería interior. Fuente: panelsystem.es

Figura 25. Cuadro General de Protección y Medida vivienda.

Figura 26. Cuadro General de Distribución de la vivienda.

Figura 27. Esquema unifilar de la vivienda.

Imagen 28. Certificado energético inicial de la vivienda.

Figura 29. Evolución del precio de la electricidad 2017-2023. Fuente: OMIE.

Figura 30. Clasificación de la radiación solar. Fuente: Apuntes de la asignatura Eficiencia Energética UE.

Figura 31. Movimiento del Sol a lo largo del año en el hemisferio norte Fuente: escholarium.

Figura 32. Ángulos de posición del Sol. Fuente: Asignatura Eficiencia Energética UE.

Figura 33. Ángulos de acimut y altura del del Sol. Fuente: Asignatura Eficiencia Energética UE

Figura 34. Irradiancia global media [1983-2005] en España en KWh/m2. Fuente: AEMET.

Figura 35. Valores de irradiancia a lo largo del año en la CCMM. Fuente: AEMET.

Figura 36. Irradiancia global media [1983-2005] en Europa en KWh/m2. Fuente: AEMET

Figura 37. Irradiancia global media diaria en Europa en KWh/m2 [1983-2005]. Fuente: AEMET

Figura 38. Bandas de energía para un conductor, semiconductor y aislante (Amieva, 2022)

Figura 39. Región de agotamiento en una unión PN.

Figura 40. Tipos de módulos solares.

Figura 41. Encapsulado de un módulo solar fotovoltaico. Fuente: dsisolar

Figura 42. Características eléctricas de módulos solares. Fuente: Sotysolar

Figura 43. Características eléctricas de módulos solares en condiciones NOCT. Fuente: Sotysolar

Figura 44. Gráfica V-I de un módulo fotovoltaico. (Cantalapiedra, 2024)

Figura 45. String de 10 módulos solares. Fuente: Ilumin

Figura 46. Array de 4 paneles solares. Fuente: Solarcos

Figura 47. Soporte sobre suelo para paneles solares. Fuente: generatupropiaenergia.es

Figura 48. Inversor solar de 1000 w. Fuente: Autosolar.es

Figura 49. Batería Sonnen Batterie 10 de 4,6kW de potencia. Fuente: Sonnen

Figura 50. Reguladores PWM y MPPT. Fuente: Prostarsolar y renova-energia

Figura 51. Esquema general de instalación solar en una vivienda. Fuente: sfe-solar

Figura 52. Cálculo de la Sección y número de conductores según ITC-BT-19. Fuente: (Cantalapiedra, 2024)

Figura 53. Esquema unifilar de una instalación solar. Fuente: (Cantalapiedra, 2024)

Figura 54. Ubicación de la vivienda. Fuente Google Maps

Figura 55. Temperaturas medias en Madrid para el año 2023. Fuente: Weather Spark

Figura 56. Velocidad del viento por meses en 2023 en la Comunidad de Madrid. Fuente: Weather Spark

Figura 57. Horas de luz natural y crepúsculo en 2023 en Madrid. Fuente: Weather Spark

Figura 58. Elevación solar y acimut en 2023 en Madrid. Fuente: Weather Spark

Figura 59. Presión atmosférica en 2023 en Madrid. Fuente: Weather Spark

Figura 60. Irradiación mensual sobre un plano en la localización de la vivienda Fuente: PVGIS

Figura 61. Irradiación solar mensual en la localización de la vivienda Fuente: PVGIS

Figura 62. Datos técnicos del punto de consumo. Fuente: UFD

Figura 63. Demanda de potencia anual de la vivienda en punta, valle y llano. Fuente: UFD

Figura 64. Consumo anual de energía de la vivienda en punta, valle y llano. Fuente: UFD

Figura 65. Consumo por días en el mes de más demanda anual (julio). Fuente: UFD

Figura 66. Superficie de cubierta para paneles en orientación SUROESTE. Fuente: Octopus Energy

Figura 67. Superficie de cubierta para paneles en orientación SURESTE. Fuente: Octopus Energy

Figura 68. Superficie de cubierta para paneles en orientación SUROESTE. Fuente: Octopus Energy

Figura 69. Gráfico de consumo diario medio por mes de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

Figura 70. Curva de producción obtenida para potencia pico de 4kW y orientación SUROESTE. Fuente: PVGIS

Figura 71. Curva de producción obtenida para potencia pico de 3,6kW y orientación SURESTE. Fuente: PVGIS

Figura 72. Características eléctricas del módulo en condiciones STC y NOCT. Fuente: Trina Solar

Figura 73. Coeficientes de temperatura del módulo solar seleccionado. Fuente: Trina Solar

Figura 74. Curva de producción final para 4kW, orientación SURESTE y 11% de pérdidas. Fuente: PVGIS

Figura 75. Espacio en cubierta e inclinación de los módulos solares. Fuente: Elaboración propia.

Figura 76. Guías de aluminio del soporte. Fuente: k2-systems

Figura 77. Varillas autorroscantes. Fuente: k2-systems

Figura 78. Soporte completo del panel. Fuente: k2-systems

Figura 79. Disposición de los paneles en cubierta SURESTE. Fuente: Elaboración propia.

Figura 80. Tensión de funcionamiento según la potencia demandada. Fuente: (Cantalapiedra, 2024)

Figura 81. Baterías sun power VL series OPzS. Fuente: Hoppecke

Figura 82. Regulador de carga MPPT 150/85. Fuente: Victron Energy

Figura 83. Inversor RS Smart Solar 48/6000. Fuente: Victron Energy

Figura 84. Esquema de conexión de la instalación solar. Fuente: Victron Energy

Figura 85. Sección de conductores según condiciones de montaje e intensidad. Fuente: REBT

Figura 86. Análisis de puentes térmicos de canto de forjado en una fachada con SATE y sin él. Fuente: Control y gestión de obras.es

Figura 87. Instalación de SATE con revestimiento de paneles en vivienda unifamiliar.

Figura 88. Características de las ventanas Climalit Planitherm 4S. Fuente: Saint-Gobain

Figura 89. Esquema de instalación de un sistema de aerotermia. Fuente: Gas-hogar.es

Índice de Tablas

Tabla 1. Distribución de espacios y superficies de la vivienda

Tabla 2. Orientaciones de las estancias de la vivienda

Tabla 3. Valores de irradiación solar mensual en la localización de la vivienda Fuente: PVGIS

Tabla 4. Consumo diario medio por mes de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Características eléctricas del módulo en condiciones STC y NOCT. Fuente: Trina Solar

Tabla 6. Horas solares pico anuales en la Comunidad de Madrid en kWh/m². Fuente: AEMET

Tabla 7. Energía producida por la instalación propuesta en. Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Presupuesto para la instalación solar fotovoltaica de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Parámetros de rentabilidad del proyecto. Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Parámetros de rentabilidad del proyecto con ayudas. Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Rentabilidad del proyecto incluyendo fondos Next Generation Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Diagrama de Pert-Gantt del proyecto. Fuente: Elaboración propia

Capítulo 1. Memoria

1.1 Introducción

La eficiencia energética cobra cada vez más importancia dentro de la Unión Europea y del mundo en general. Con el avance de la tecnología y la concienciación, cada vez mayor, del cambio climático, se hace necesario reducir y optimizar el consumo anual de energía.

En 2018, como parte del paquete de medidas “Energía limpia para todos los europeos”, se estableció un nuevo objetivo consistente en la reducción del consumo de energía en al menos un 32,5% en el horizonte 2030 (Cantalapiedra, 2024).

Las edificaciones, son responsable de aproximadamente el 40% del consumo total de la energía en Europa, lo que supone el 36% de las emisiones de CO₂ en la UE. Además, el 35% de los edificios de la UE tiene más de 50 años y aproximadamente el 75% del parque inmobiliario es ineficiente desde el punto de vista energético. La mejora de la eficiencia energética de los edificios podría suponer una reducción del consumo de energía en la UE de entre el 5 y el 6% y un descenso del 5% de las emisiones de CO₂ (Cantalapiedra, 2024).

Con este escenario, a la vista de la situación actual y lo que supone a nivel energético la edificación, cobra sentido realizar actuaciones que promuevan la eficiencia energética en las viviendas y edificios para lograr el objetivo común energético a nivel mundial y europeo; la descarbonización.

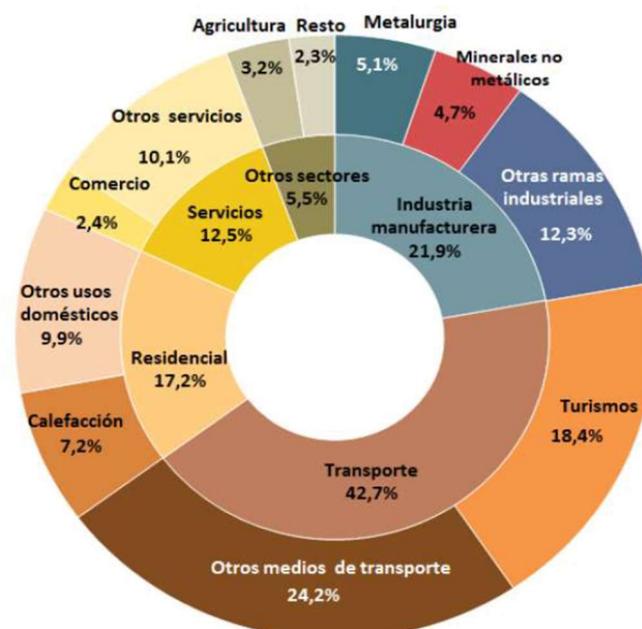


Figura 1. Estructura sectorial del consumo de energía final (IDAE, 2018)

1.2 Objetivo

Según el Informe Metodológico de la Estadística Anual de Consumo Energético Residencial (Miteco, 2024), los usos del consumo final en el sector residencial se definen en:

- Calefacción de espacios
- Refrigeración de espacios
- Calentamiento de agua
- Uso de energía en cocina
- Iluminación y aparatos eléctricos
- Otros

Este trabajo fin de máster pretende realizar el análisis energético, en base a lo citado anteriormente, de una vivienda unifamiliar construida en Madrid en el año 2010 con el objetivo de proponer reformas y mejoras que acerquen o consigan que la vivienda en cuestión se pueda considerar como una edificación de consumo casi nulo (ECCN en castellano, nZEB en inglés).

En un primer apartado, se realizará un estudio de las características constructivas y energéticas de la vivienda existente, analizando todas las instalaciones y características intrínsecas de la misma (situación y orientación, ventilación, gestión del agua, demanda de electricidad, climatización, etc).

Con el resultado del análisis y, por tanto, con un background adecuado del estado de la vivienda a nivel energético, se propondrán optimizaciones y mejoras con la intención de poder encuadrar la vivienda dentro de una edificación de consumo casi nulo. Para ello, no solo se propondrán optimizaciones, sino que se realizará el diseño de alguna/s de las instalaciones de la vivienda y se presentará un estudio económico y de rentabilidad que permitirá, independientemente de la mejora a nivel ecológico, evaluar cuantitativamente el proyecto.

Por último, y en estrecha relación con el estudio económico, se expondrán las diferentes ayudas y subvenciones dentro del marco nacional y europeo vigentes a las cuales se podría acoger el proyecto para mejorar la amortización y rentabilidad del mismo.

1.3 Estado del arte

Las mejoras introducidas en la actualidad en materiales y tecnología, junto con las actuaciones legislativas y de concienciación que se están llevando a cabo para la eficiencia energética en edificaciones han provocado que se abra una oportunidad para el desarrollo de casas más eficientes en fase de construcción y en la optimización de las ya existentes.

En base a este desarrollo que estamos experimentando en la actualidad, nacen los conceptos de *Casa Pasiva o PassivHaus* y de *Edificio de Consumo Casi Nulo (ECCN)*. En realidad, el concepto de PassivHaus nace en Alemania en la década de los ochenta, pero es un concepto que se está recuperando de nuevo bastante en la actualidad.

Tanto el concepto ECCN como PassiveHaus persiguen y proponen una optimización del uso de la energía en edificaciones, pero estos conceptos, aunque parecidos, se suelen confundir.

El término PassiveHaus nace el objetivo de reducir la cantidad de energía que consume un edificio, de su demanda. Para ello se realiza un diseño adaptado mediante la orientación y compactación del edificio en fase de proyecto para aprovechar mejor las condiciones del entorno y de la luz lo cual redundará en un mejor confort de los ocupantes con un consumo menor.

Las casas de este tipo deben ser estancas e intentar minimizar puentes térmicos en su construcción para obtener unas pérdidas energéticas bajas.

Por otro lado, los Edificios de Consumo Casi Nulo (ECCN) son aquellos en los que además de tener un nivel de eficiencia muy alto y por tanto un consumo reducido, las fuentes de energía de las que se abastecen deben ser predominantemente renovables, ya sea por generación en el propio edificio o de origen renovable en su producción.

En España, (cada estado miembro de la UE ha adoptado una definición) un ECCN es aquel que cumple las características anteriormente indicadas y que están basadas y establecidas en el Documento Básico “DB HE Ahorro de Energía” del Código Técnico de la Edificación referente a la limitación de consumo energético para edificios de nueva construcción. Esta definición está indicada en el Real Decreto 732/2019, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (Energía, 2024).

Según recoge la normativa, los edificios de nueva construcción en España deberán ser edificios de consumo de energía casi cero desde el 31 de diciembre de 2020 y para el caso de los edificios públicos, desde el 31 de diciembre de 2018.

Este nuevo escenario en la construcción de edificios y viviendas conlleva analizar y tener en cuenta ciertos aspectos fundamentales para la eficiencia del edificio. La situación geográfica, el entorno, el uso que se hará del edificio y la disponibilidad de recursos son factores que tener muy en cuenta para estas nuevas construcciones.

La eficiencia energética del edificio o vivienda es la relación entre la necesidad de energía de este y el rendimiento de las instalaciones y equipos.

Para reducir el consumo y mejorar la eficiencia, podemos actuar en los siguientes aspectos:

- Disminuir la demanda de energía con medidas en fase de construcción y diseño.
- Mejorar el rendimiento de las instalaciones y equipos para bajar el consumo.
- Producción de energía de fuentes renovables “in situ”.
- Monitorizar los consumos para conocer los puntos de mejora.
- Mejorando los hábitos de consumo

Según la directiva 2018/844, “cada Estado miembro de la UE establecerá una estrategia a largo plazo para apoyar la renovación de sus parques nacionales de edificios residenciales y no residenciales, tanto públicos como privados, transformándolos en parques inmobiliarios con

alta eficiencia energética antes de 2050, facilitando la transformación económicamente rentable de los edificios existentes en edificios de consumo casi nulo.

De acuerdo con la evaluación de impacto de la Comisión, para cumplir de manera rentable las ambiciones de la Unión Europea en materia de eficiencia energética sería necesario realizar la renovación a una tasa media anual del 3% de las edificaciones (Energía, 2024).

1.4 Viviendas y edificaciones de consumo casi nulo

Según se ha comentado en el apartado anterior, podemos caracterizar a un edificio de consumo casi nulo como un edificio con *un nivel de eficiencia energética muy alto* y en el que además la demanda energética requerida deberá estar cubierta preferiblemente por fuentes de energía renovable producidas en el propio edificio o en origen de producción.

En este apartado se va a analizar qué características comunes deben cumplir estas edificaciones para alcanzar los altos grados de eficiencia requeridos:

- Alta eficiencia energética: Estas edificaciones están diseñadas para minimizar al máximo la demanda de energía, tanto en términos de calefacción como de refrigeración, iluminación y otros usos. Utilizan tecnologías y materiales que optimizan el rendimiento energético de la edificación.
- Aislamiento térmico de calidad: Incorporan sistemas de aislamiento eficientes que reducen las pérdidas de calor en invierno y mantienen la temperatura en verano, disminuyendo la necesidad de calefacción y refrigeración.
- Ventilación controlada y sistemas de aire eficientes: Utilizan sistemas de ventilación controlada y recuperación de calor para mantener una calidad del aire interior adecuada y reducir la pérdida de energía asociada con la ventilación.
- Uso de energías renovables: Los ECCN suelen integrar sistemas de generación de energía a partir de fuentes renovables, como paneles solares fotovoltaicos o térmicos, turbinas eólicas, entre otros para cubrir parte o la totalidad de sus necesidades energéticas.
- Sistemas inteligentes de gestión energética: Implementan tecnologías y sistemas de control avanzados que monitorean y regulan el uso de energía del edificio, optimizando su eficiencia y reduciendo el uso de recursos innecesario.
- Diseño orientado al clima y la ubicación: Los ECCN se diseñan considerando las condiciones climáticas y la ubicación geográfica del edificio para maximizar la captación de energía solar, aprovechar los recursos naturales y minimizar el impacto ambiental.
- Materiales de construcción sostenibles: Utilizan materiales de construcción ecológicos y sostenibles, con menor huella ambiental, contribuyendo así a la reducción del consumo de recursos no renovables.

Según se ha comentado en apartados anteriores y en base a la normativa europea, este tipo de construcciones, con estas características, serán los que se deban implantar en edificios de nueva construcción para lograr los objetivos marcados en términos de eficiencia energética y descarbonización para el año 2050.

Capítulo 2. Descripción de la vivienda unifamiliar a estudio.

En este segundo capítulo, se pasará a describir y analizar la vivienda unifamiliar objeto de estudio en este trabajo fin de máster. Se comenzará haciendo una descripción de esta, junto con su localización, características constructivas e instalaciones para posteriormente aportar mejoras significativas en cuanto a su eficiencia energética con el objetivo de adaptar la misma a una vivienda de consumo casi nulo.

2.1 Descripción y localización de la vivienda

La vivienda elegida como objeto de estudio para el presente trabajo es una vivienda unifamiliar pareada de nueva construcción en 2010. Se encuentra situada en la localidad de Villalbilla (Madrid), parcela RU 2.3. A continuación se muestran unas imágenes de la localización de la vivienda:

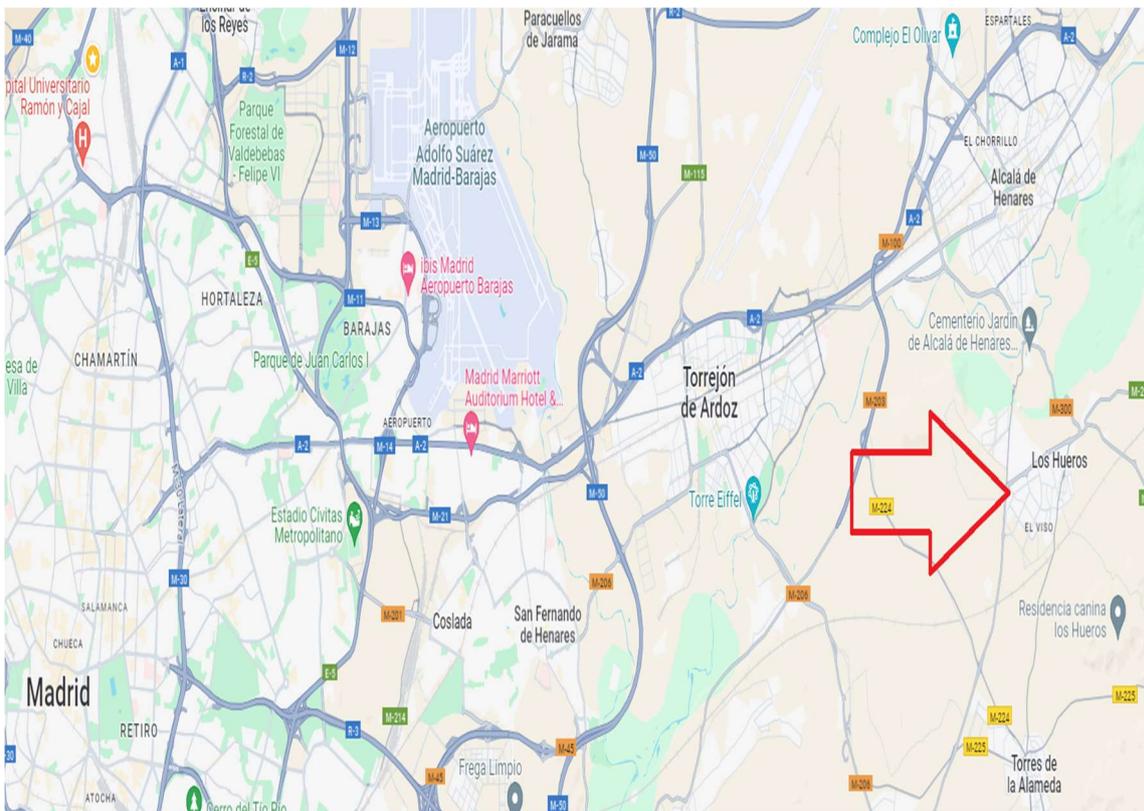
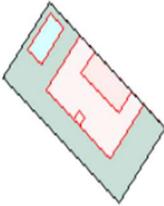


Figura 2: Localización de la vivienda dentro de la CCMM



Figura 3. Imagen de la vivienda unifamiliar pareada

PARCELA CATASTRAL



Parcela construida sin división horizontal

Localización VILLALBILLA (MADRID)

Superficie gráfica 315 m²

Figura 4. Parcela catastral de la vivienda

2.2 Distribución de la vivienda

Se trata de una vivienda unifamiliar pareada construida en una parcela de 314,34 m² y distribuida en planta baja y buhardilla con la siguiente disposición de espacios y superficies:

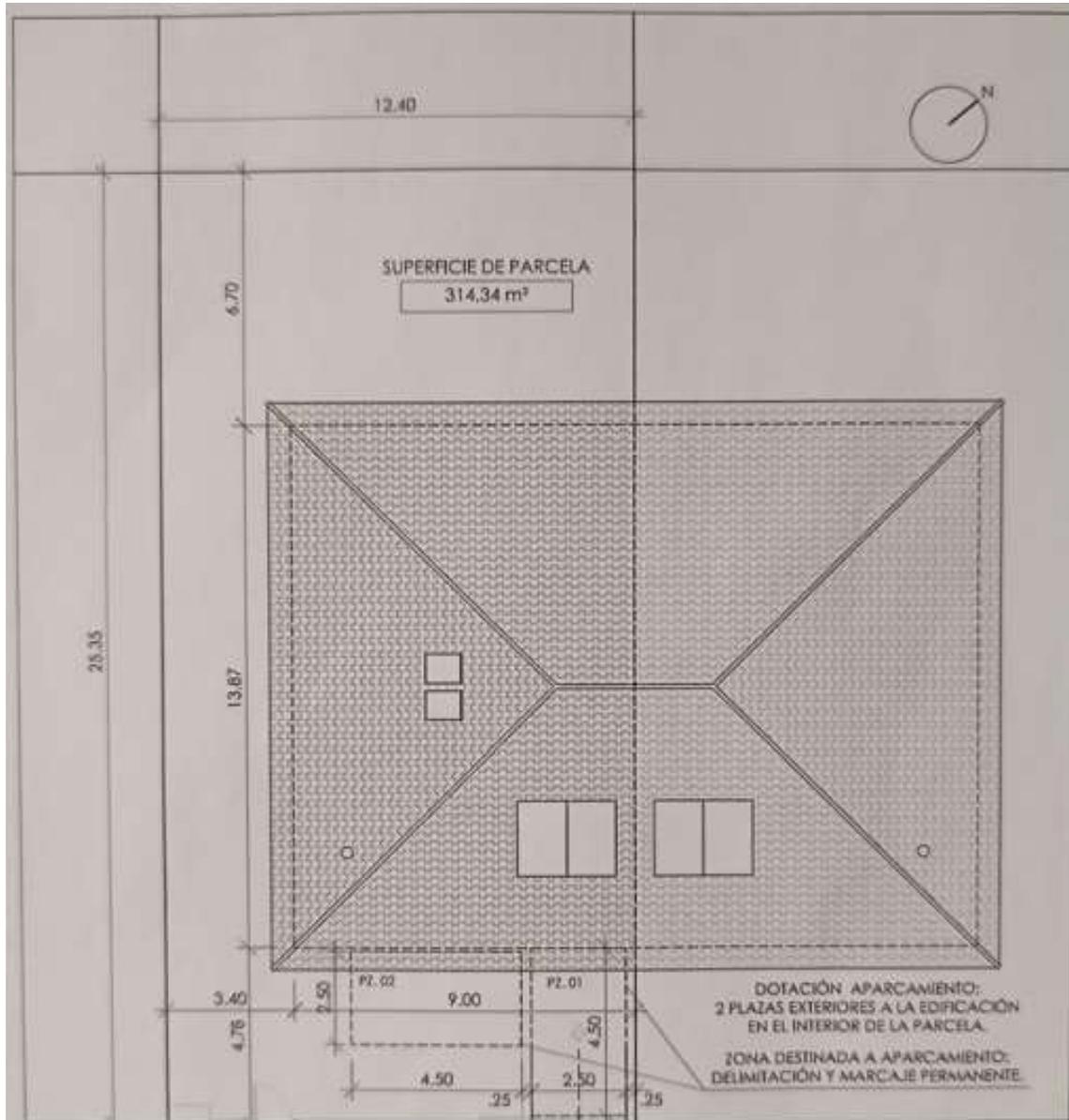


Figura 5. Plano en planta exterior de la vivienda y parcela.

SUPERFICIES PARCELA	
Parcela	314,34 m ²
Ocupada	154,02 m ²
Libre	160,32 m ²

CUADRO DE SUPERFICIES CONSTRUIDAS	
PLANTA BAJA - VIVIENDA	124,87 m ²
PLANTA BAJA CUBIERTA - BUHARDILLA	29,15 m ²
TOTAL SUPERFICIES	154,02 m²

CUADRO DE SUPERFICIES ÚTILES	
PLANTA BAJA	
Porche	1,55 m ²
Vestíbulo	6,70 m ²
Salón- Comedor	19,10 m ²
Cocina	17,10 m ²
Pasillo	2,15 m ²
Dormitorio 1	13,45 m ²
Dormitorio 2	13,90 m ²
Dormitorio 3	9,30 m ²
Baño 1	4,50 m ²
Baño 2	2,90 m ²
Distribuidor	8,25 m ²
Dormitorio 4	9,15 m ²
TOTAL PLANTA PRIMERA	108,05 m²
PLANTA BAJOCUBIERTA	
Buhardilla	29,15 m ²
TOTAL PLANTA BAJOCUBIERA	29,15 m²
TOTAL SUPERFICIES ÚTILES	137,20 m²

Tabla1. Distribución de espacios y superficies de la vivienda.

A continuación, se presentan algunas imágenes el exterior de la vivienda:



Figura 6. Fachada anterior de la vivienda.



Figura 7. Fachada posterior de la vivienda.

2.3 Orientación

En la vivienda que nos ocupa, la construcción ya está realizada por lo que tenemos una orientación prefijada de la que intentaremos sacar el máximo provecho para la optimización energética propuesta.

Según los planos de la vivienda, la situación de la vivienda es:

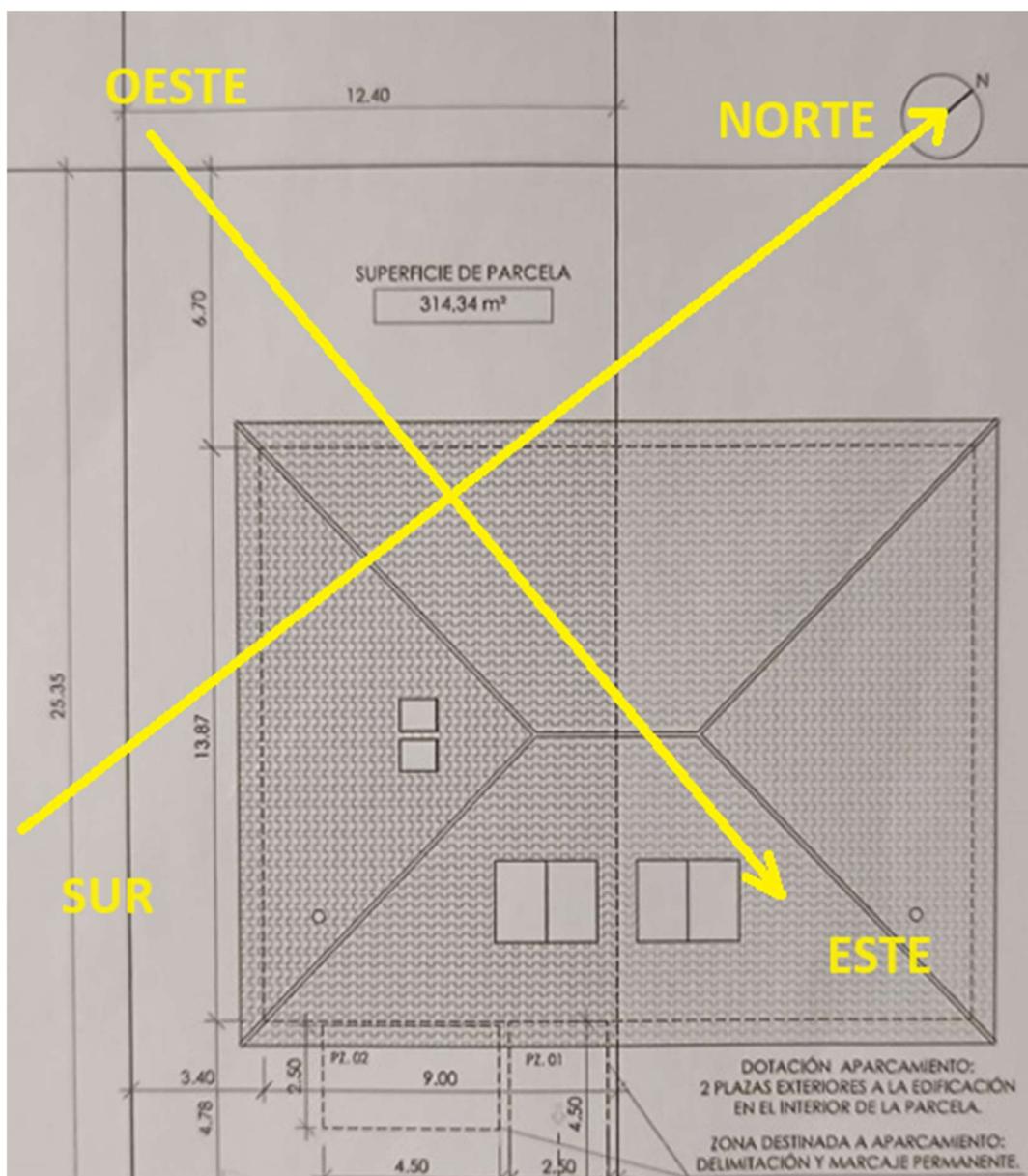


Figura 8. Orientación de la vivienda.

En la distribución diseñada para esta vivienda, la entrada, ventanas principales de salón, cocina y vélux de la buhardilla están posicionadas en orientación SUROESTE mientras que, en la parte

trasera, dos de las habitaciones de la casa están en orientación NOROESTE y otras dos (parte frontal) en orientación SURESTE.

A continuación, se muestran los planos interiores de la vivienda junto con la orientación:

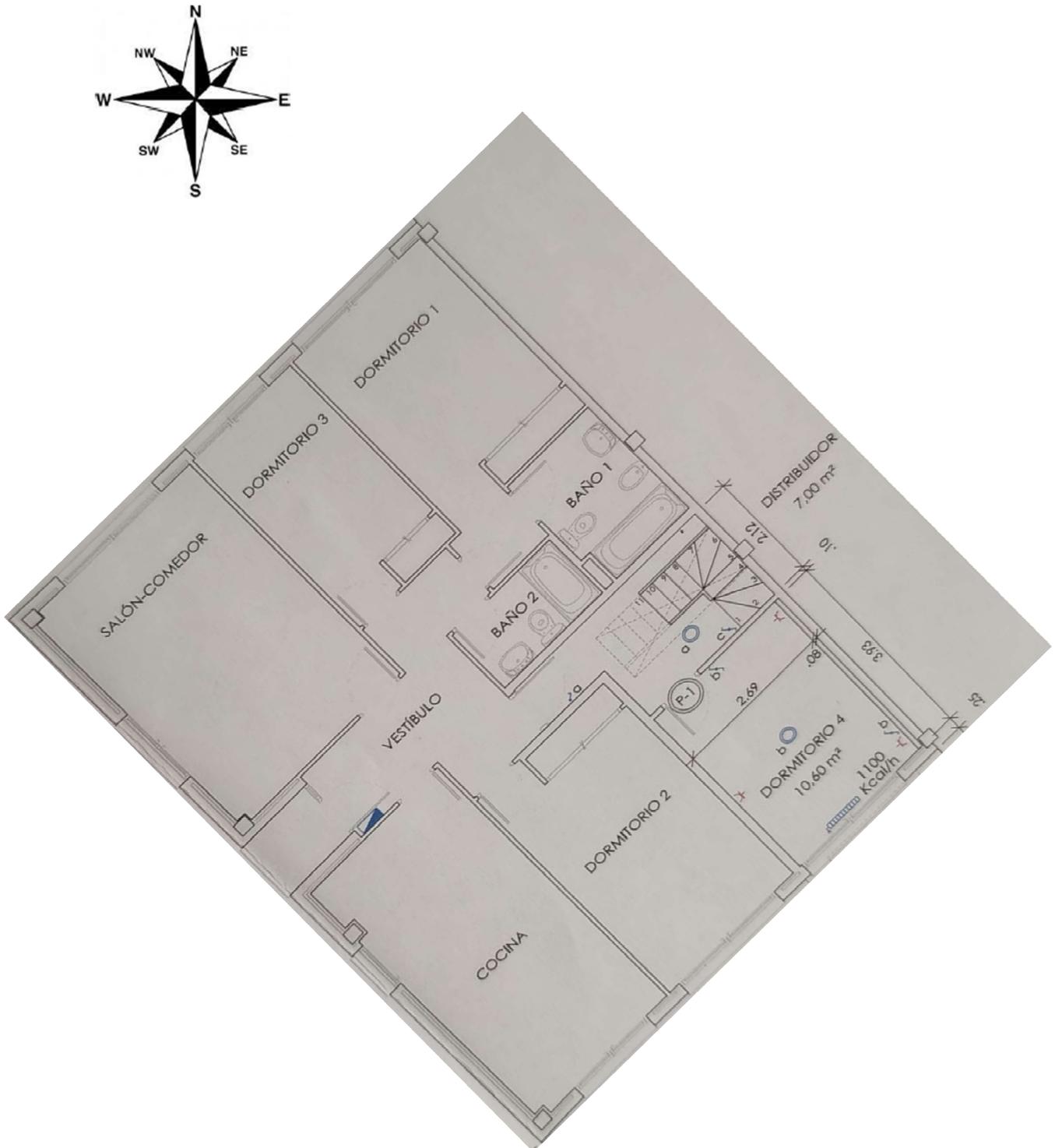


Figura 9. Plano de la planta baja con su orientación.

Teniendo en cuenta la distribución presentada de la vivienda, podemos determinar, en términos generales, que la vivienda está bien orientada ya que la posición de las ventanas y estancias es la siguiente:

ESTANCIA	ORIENTACIÓN
Dormitorio 1	Noroeste
Dormitorio 2	Sureste
Dormitorio 3	Noroeste
Dormitorio 4	Sureste
Cocina	Suroeste
Salón	Suroeste-Noreste
Buhardilla	Suroeste
Baño 1	Sin ventana
Baño 2	Sin ventana
Distribuidor	Suroeste

Tabla 2. Orientaciones de las estancias de la vivienda.

Según lo mostrado en la tabla 2, las estancias principales están orientadas con componente SUR y los dormitorios que tienen componente NORTE reciben suficiente luz por la tarde al tener también una componente OESTE.

Es importante señalar que los dos baños no tienen ventana y funcionan con un sistema de ventilación forzada y luz artificial. Este es un punto claro de mejora en esta vivienda, ya que disponer de baños con ventanas y bien orientados mejoraría la eficiencia y confort de la casa al recibir luz natural y poder ventilarlos también de manera natural.

2.4 Envoltente

Las fachadas de un edificio o vivienda nos protegen del calor, del frío, del viento, de la lluvia y los ruidos. Proporcionan intimidad, y a la vez nos relacionan con el exterior mediante las ventanas y los balcones. Es esta relación o línea divisoria entre el interior de nuestra vivienda y el exterior la que nos permite, entre otros, y mediante un buen diseño, optimizar el consumo de energía y proporcionar un confort sostenible en las edificaciones. Como se ha presentado en el apartado anterior, la orientación es básica en este aspecto y realizar un buen estudio previo es fundamental.

En el caso de la vivienda que nos ocupa, la estructura horizontal de la vivienda está construida en hormigón armado apoyando en pilares. Tiene estructura metálica en formación de cubierta con sistema de doble cubierta y aislada mediante poliestireno expandido, espuma de poliuretano en el interior y lana de roca junto con paneles de cartón yeso.

La fachada está construida con ladrillo de cara vista de calidad, cámara de aire y tabique interior. Presenta aislamiento térmico en las cámaras de aire mediante espuma de poliuretano proyectado y lana de roca.



Figura 11. Pilotaje y estructura inferior de la vivienda.



Figura 12. Detalle de los pilares y muro de carga de la vivienda.



Figura 13. Forjado de planta superior apoyado en pilares y muro de carga.



Figura 14. Viguetas del forjado de planta inferior y superior con bovedilla de polietileno extruido.



Figura 15. Cerramiento de la envolvente.



Figura 16. Estructura de tejado.



Figura 17. Huecos de ventanas con envolvente cerrada.

2.5 Instalación de fontanería, gas y calefacción

La vivienda posee instalación de fontanería individualizada, según normativas básicas del Ministerio de Fomento y compañía suministradora, mediante derivaciones o colectores. Las bajantes y desagües son de PVC con instalación de tomas de lavadora y lavavajillas en cocina.

La instalación de calefacción y agua caliente sanitaria es individualizada mediante caldera de gas convencional – mixta instantánea marca Chaffoteaux modelo ALIXIA 24FF. Tiene una potencia de 24kW y una categoría energética convencional tres estrellas de rendimiento según la norma EN 92/42. Los radiadores son de aluminio con termostato de ambiente en el salón-comedor.

Teniendo en cuenta las tecnologías existentes hoy en día, mucho más eficientes energéticamente, este es un punto claro de mejora en esta vivienda ya que se podría sustituir la caldera existente por una de condensación o un sistema de aerotermia como se comentará en el apartado de mejoras propuestas.

A continuación, se muestran unas imágenes de la caldera:



Figura 18. Caldera de gas convencional de la vivienda

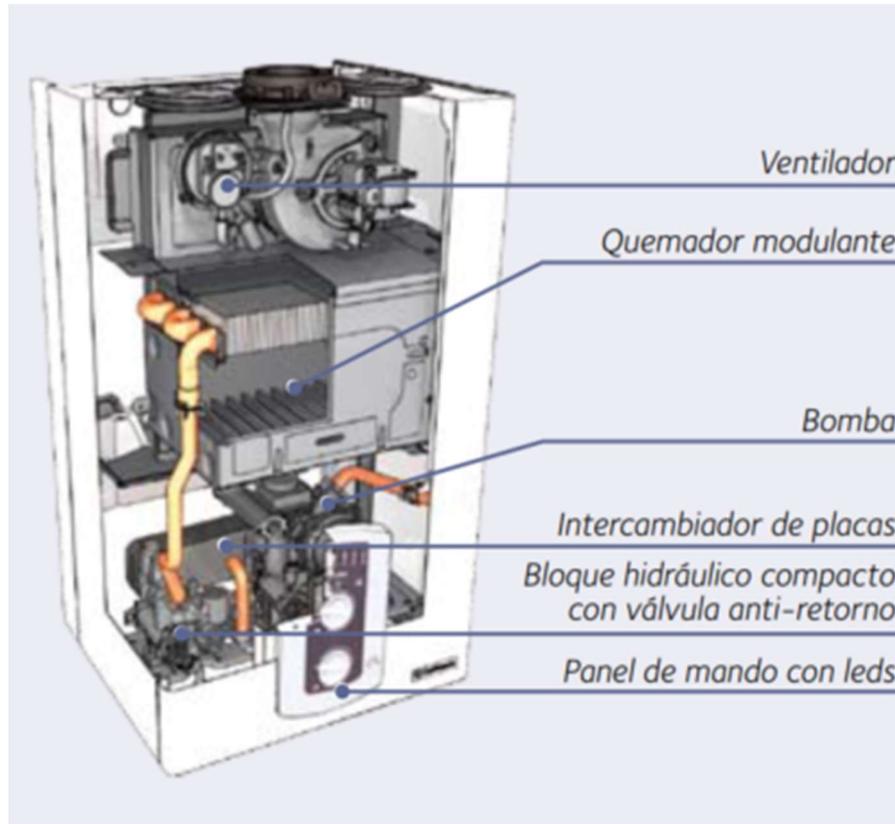


Figura 19. Vista de sección de la caldera de gas.

2.6 Gestión del agua y ACS

La vivienda tiene suministro de agua a punto de red de distribuidora. No posee sistemas de recuperación de aguas pluviales ni captadores solares para producción de agua caliente sanitaria. La instalación de un sistema de captadores solares para producción de ACS en la vivienda es una posible mejora que se podría aplicar en esta vivienda y que se comentará en el capítulo de mejoras propuestas.

2.7 Carpintería exterior

La carpintería exterior en ventanas y puertas balconeras es de aluminio con sistema de corredera o abatible dependiendo de la tipología del hueco. Las persianas son de aluminio enrollables lacado e inyectado de material aislante térmico, en huecos de cocina, salón y dormitorios.

El acristalamiento es aislante, con 10mm de cámara, tipo Climalit 4/10/4. La puerta de entrada a la vivienda es acorazada y con cerradura de seguridad.

2.8 Tabiquería interior

Las divisiones interiores están ejecutadas mediante sistemas constructivos de tabiques de yeso mallado con fibra de vidrio (PanelSystem). Este tipo de tabiquería aporta una reducción de ruido y aislamiento considerable. A continuación se muestran unas imágenes de este tipo de tabiquería y algunos datos técnicos:



Figura 20. Tabiquería interior de yeso mallado instalado en la vivienda.

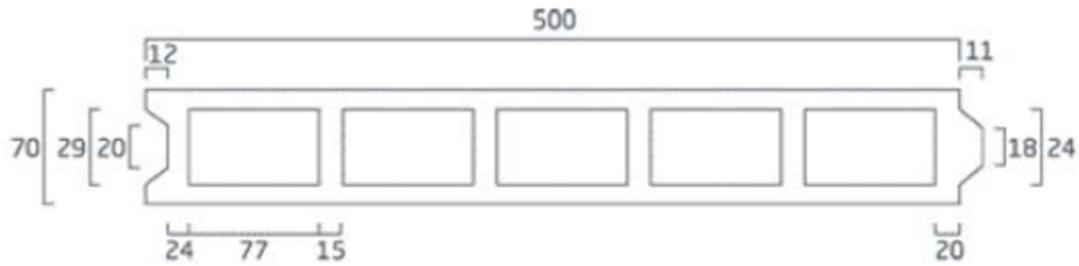


Figura 21. Medidas de los paneles de tabiquería. Fuente: panelsystem.es

AISLAMIENTO ACÚSTICO

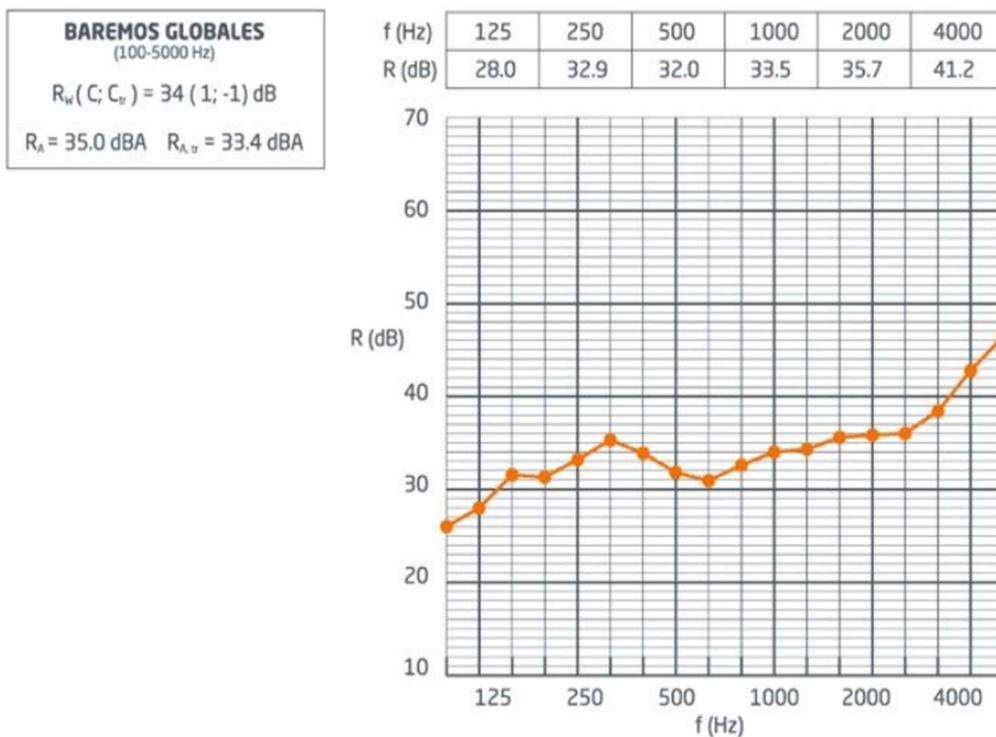


Figura 22. Aislamiento acústico de los paneles de tabiquería interior. Fuente: panelsystem.es

AISLAMIENTO TÉRMICO

Con todos los datos obtenidos de la simulación, el valor de resistencia térmica superficial según norma UNE 92204:1995 es:

$$R_s = \frac{T_{si} - T_{se}}{\frac{\phi}{A}} = \frac{\Delta T}{\frac{\phi}{A}}$$

$$R = 0,31 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

Por su parte la transmitancia térmica U (W / m²·K) según norma UNE EN ISO 8990:1997 es:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_s + R_{se}}$$

$$U = 2,09 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$$

Si se trata de un cerramiento de separación entre ambientes interiores la transmitancia valdría:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_s + R_{si}}$$

$$U = 1,76 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$$

Figura 23. Aislamiento térmico de los paneles de tabiquería interior. Fuente: panelsystem.es

RESISTENCIA AL FUEGO

Ensayo realizado en el Instituto del Fuego LICOE, según norma UNE-EN 12501-2:2004:

Figura 24. Certificado de resistencia al fuego de los paneles de tabiquería interior. Fuente: panelsystem.es

2.9 Parcela

El cerramiento principal de la parcela está realizado con zócalo ciego en determinadas zonas y cerrajería metálica decorativa hasta una altura máxima de 1,80m.

El cerramiento perimetral está realizado en malla galvanizada de simple torsión con altura máxima de 2m.

Existe punto de agua para riego de jardín en zona anterior y posterior de la vivienda.

2.10 Instalación eléctrica y de comunicaciones

La vivienda está dotada de conexión a red eléctrica mediante canalización bajo tubo y armario contador independiente en el exterior. Cumple las Normas Básicas y Normas de la Compañía suministradora para el abastecimiento. En el interior posee un cuadro general en planta baja y Posee instalación de tomas telefónicas, así como antena de TV individual.

A continuación, se muestran unas imágenes de los cuadros exteriores e interiores junto con una descripción.

Cabe destacar que la vivienda no posee ningún sistema de producción de electricidad como paneles solares fotovoltaicos o mini turbina eólica. La buena orientación de la vivienda junto con la libertad de acceso al tejado, al tratarse de una vivienda unifamiliar, la hacen ideal para proponer una mejora energética con una instalación fotovoltaica que se comentará en el apartado de mejoras propuestas de este trabajo.

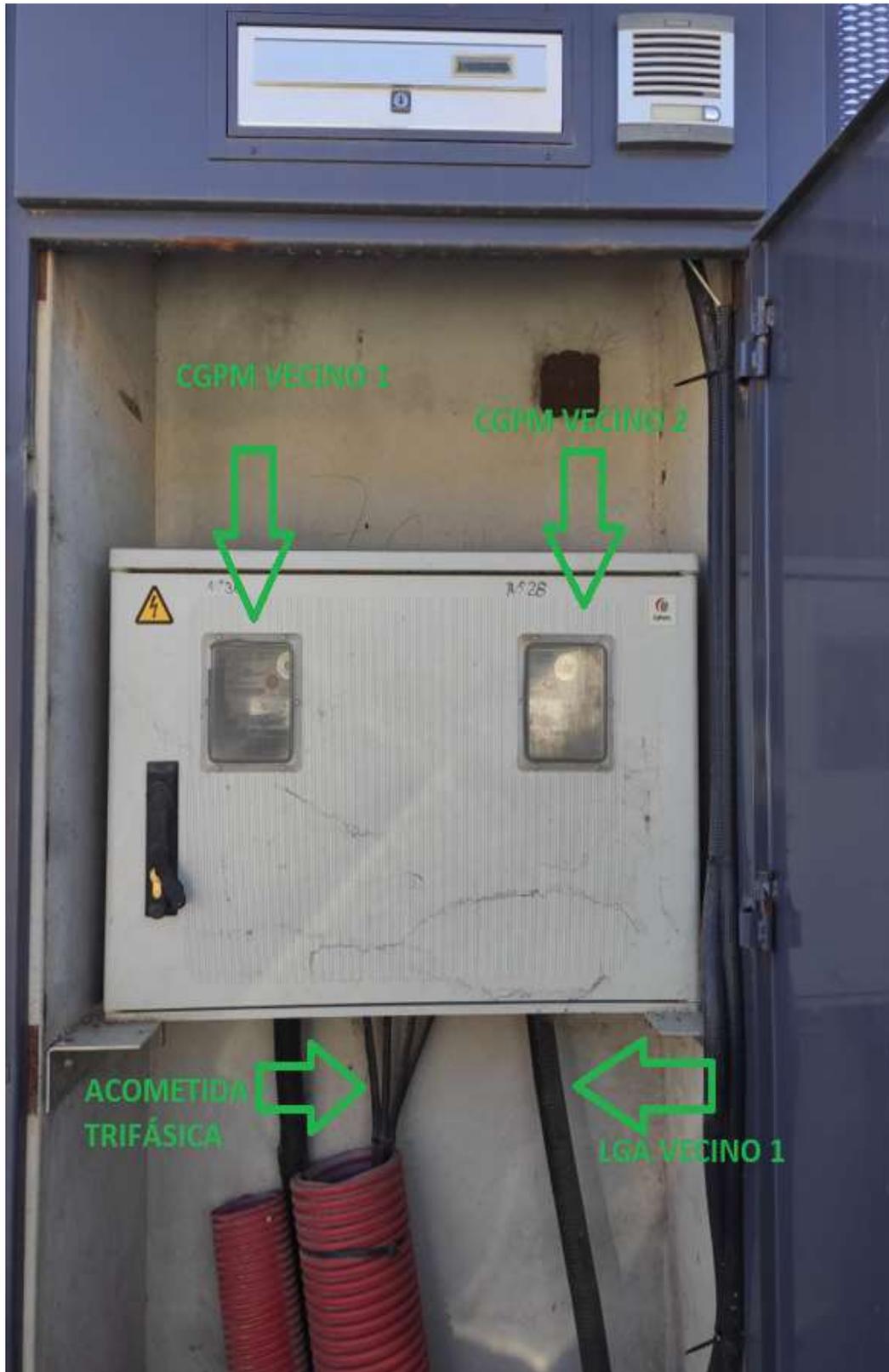


Figura 25. Cuadro General de Protección y Medida vivienda.



Imagen 26. Cuadro General de Distribución de la vivienda.

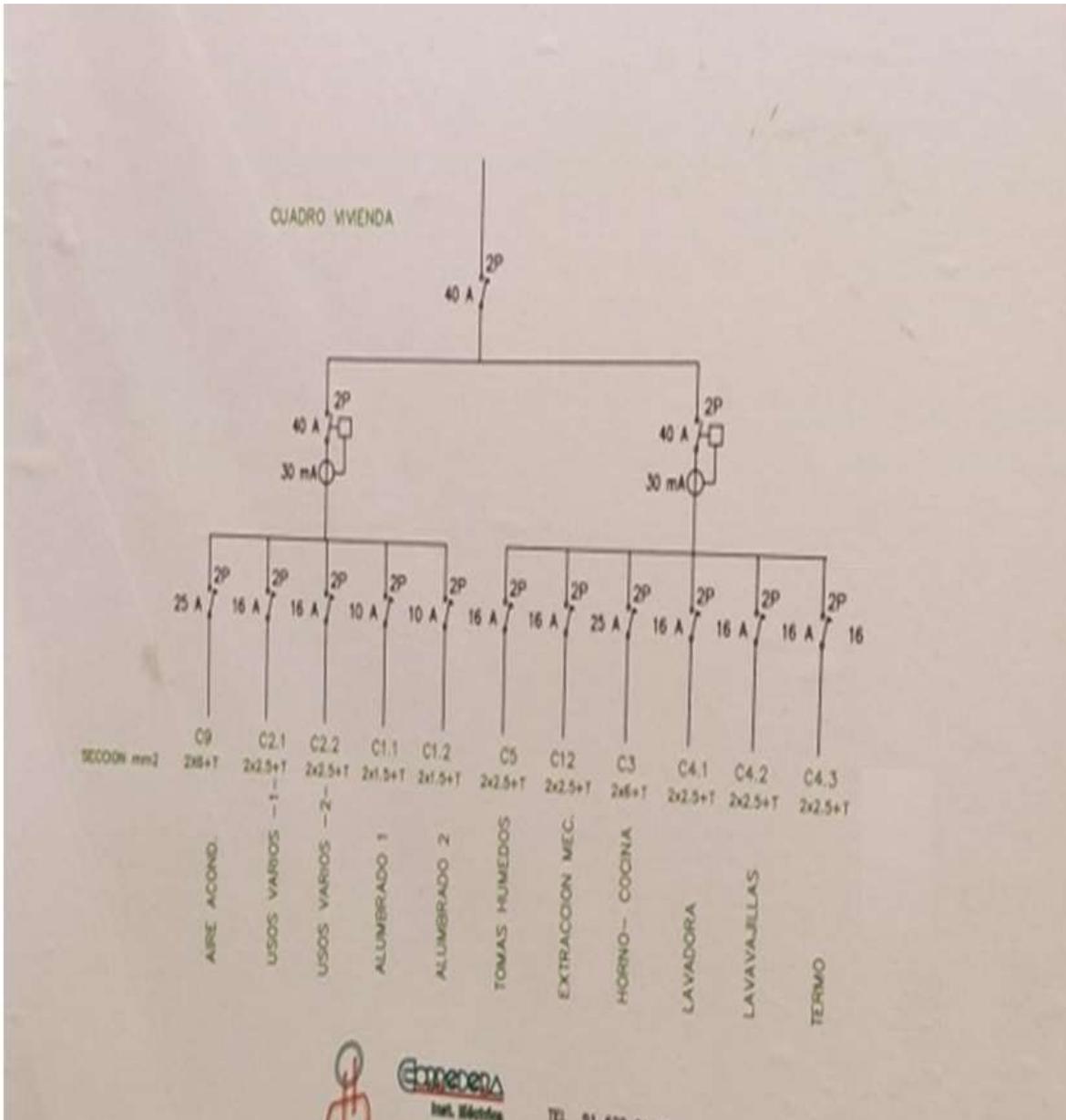


Imagen 27. Esquema unifilar de la vivienda.

2.11 Calificación energética

Según el estudio de calificación energética realizado, a la vivienda le corresponde una etiqueta “D” lo cual es equivalente a un consumo de energía de 172 KWh / m² al año que se traduce en unas emisiones equivalentes de 36kg CO₂ / m² al año.

A continuación, se muestra el certificado energético emitido y se adjunta el mismo completo en los anexos.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EXISTENTE ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Normativa vigente construcción / rehabilitación	Tipo de edificio	VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE DIFERENTES TIPOS
C.T.E.	Dirección:	
Referencia/s catastral/es	Municipio	VILLALBILLA
8970128VK6787S	C.P.	28810
	C.Autónoma	MADRID

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	Consumo de energía kW h / m ² año	Emisiones kg CO ₂ / m ² año
A más eficiente		
B		
C		
D	172	36
E		
F		
G menos eficiente		

REGISTRO

	12/12/2032
Válido hasta dd/mm/aaaa	

La autenticidad de este documento se puede comprobar en www.madrid.org/cove mediante el siguiente código seguro de verificación: 1259364707565162560806

ESPAÑA

Directiva 2010 / 31 / UE

Imagen 28. Certificado energético inicial de la vivienda.

Capítulo 3. Optimización y mejoras energéticas propuestas.

En este tercer capítulo y en base al estudio realizado en el apartado anterior, se van a proponer mejoras que optimicen la eficiencia energética de la vivienda en estudio. Se definirán varias soluciones en base a la normativa actual que indica el Código Técnico de la Edificación (CTE), el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Debido a la extensión del presente trabajo, algunas de las mejoras en las instalaciones de la vivienda se propondrán como trabajo futuro para que se pueda dar opción de continuidad al presente proyecto.

3.1 Diseño de instalación fotovoltaica con almacenamiento para autoconsumo

Tal y como se comentó en el capítulo 2 de este trabajo, la vivienda en estudio no posee ningún sistema de generación de energía eléctrica como puede ser paneles solares fotovoltaicos o mini turbinas eólicas. La buena orientación y localización de vivienda junto con la facilidad de acceso al tejado al tratarse de una vivienda unifamiliar, favorece la incorporación de una instalación fotovoltaica. Es por ello, que lo primero que se propone como mejora energética para esta vivienda se basa en el estudio y diseño de una instalación fotovoltaica con almacenamiento y conexión a red.

Con el diseño de la instalación que se va a presentar a continuación, se persigue el autoabastecimiento de la vivienda en el mayor rango posible. Para ello se propone una instalación con paneles solares, batería para las horas en las que no haya radiación solar y venta de excedentes a comercializadora que optimice la factura de la electricidad en casos puntuales.

Relativo al precio de la electricidad y a cómo ha ido evolucionando hasta batir récords continuamente debido a conflictos internacionales y asuntos geopolíticos, se presenta una imagen a continuación de la evolución del precio de la electricidad en España.

El acercamiento y acceso cada vez más sencillo y económico de las personas a la tecnología solar fotovoltaica, ha propiciado que la evolución de los precios de la electricidad se haya contenido notablemente.

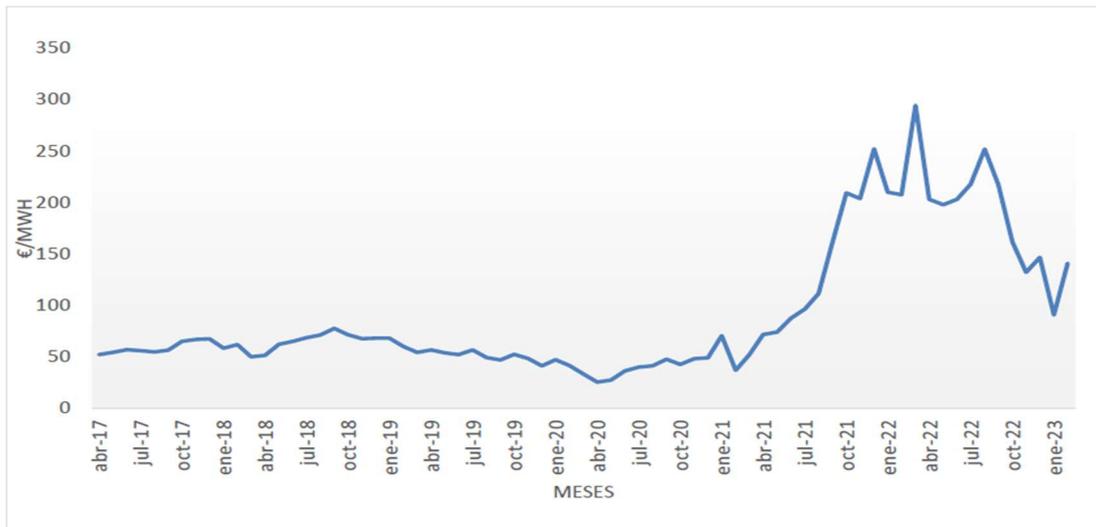


Figura 29. Evolución del precio de la electricidad 2017-2023. Fuente: OMIE

3.1.1 Radiación solar en España y Europa

España por su posición y climatología es un país muy favorecido para el uso de la energía solar. El Sol, en su movimiento alrededor de la bóveda celeste emite una potencia de radiación solar global (irradiancia), medida en vatios por metro cuadrado (W/m^2). Esta potencia solar puede alcanzar un plano en la Tierra de manera directa, difusa y reflejada aportando una energía por unidad de superficie conocida como irradiación y medida en vatios hora por metro cuadrado (Wh/m^2).

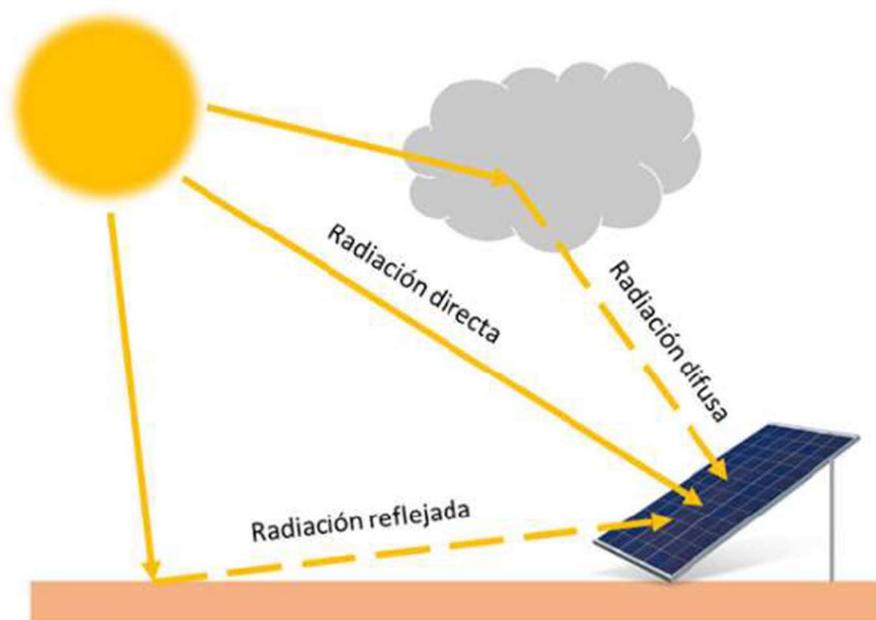


Figura 30. Clasificación de la radiación solar. Fuente: Apuntes de la asignatura Eficiencia Energética UE

El movimiento del Sol a lo largo del día y del año toma distintas posiciones y por tanto a diferentes horas y momentos del año la irradiación que alcanza un mismo plano en la Tierra es distinta. Obviamente, las condiciones climatológicas de la zona o país también condicionarán esta radiación que alcanza la superficie terrestre.

Según lo comentado anteriormente, el Sol toma distintas posiciones en el firmamento según la siguiente figura:

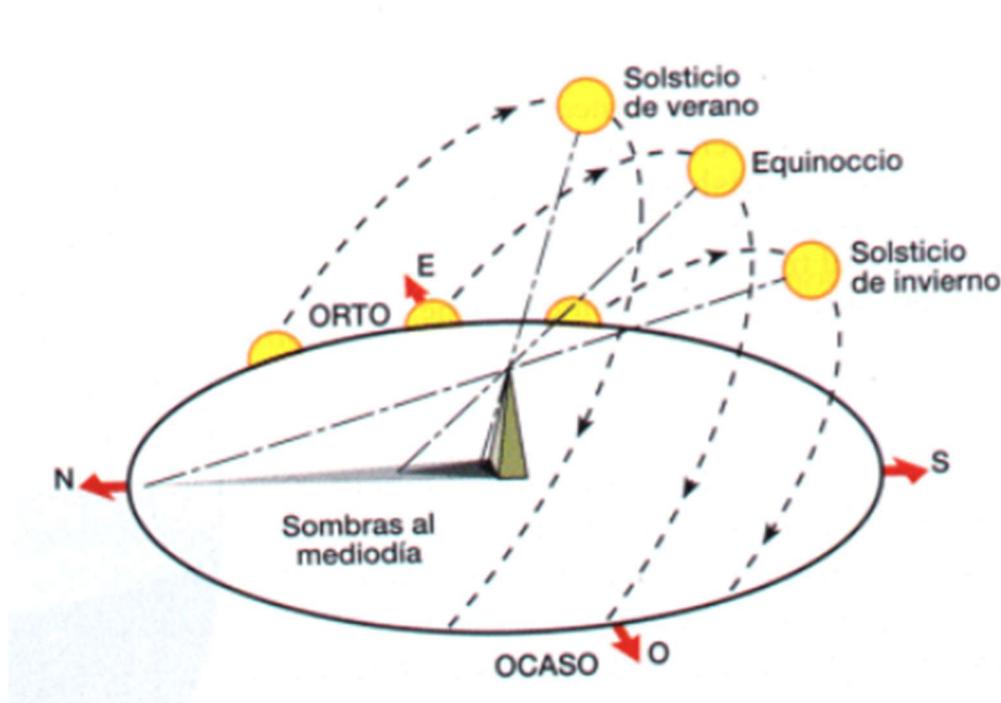


Figura 31. Movimiento del Sol a lo largo del año en el hemisferio norte Fuente: Escholarium

Como se puede apreciar en la figura 31 el Sol sigue una trayectoria elíptica, donde se producen cambios en su altura y distancia a un mismo punto en la Tierra, lo que produce variaciones en el ángulo y distancia de la radiación solar transmitida y en consecuencia la energía que el Sol irradia a ese punto.

Los puntos de altura máximo y mínimo del Sol se dan en el Solsticio de verano (21 de junio en el hemisferio Norte), momento en el cual la duración del día es mayor en todo el año, y en el Solsticio de invierno (21 de diciembre) momento en el cual la duración del día es la menor anual.

La posición del Sol a lo largo del año y de los días vendrá por tanto definida por dos ángulos:

- Altura
- Acimut

Estos ángulos son en consecuencia muy importantes ya que si queremos aprovechar el máximo de radiación solar en cada momento implicará, en paneles solares, por ejemplo, la necesidad de dar una orientación y ángulo correcto a los captadores.

A continuación, se muestran unas imágenes que definen más en detalle los ángulos que forma el Sol y los distintos valores que toman a lo largo del año y del momento del día:

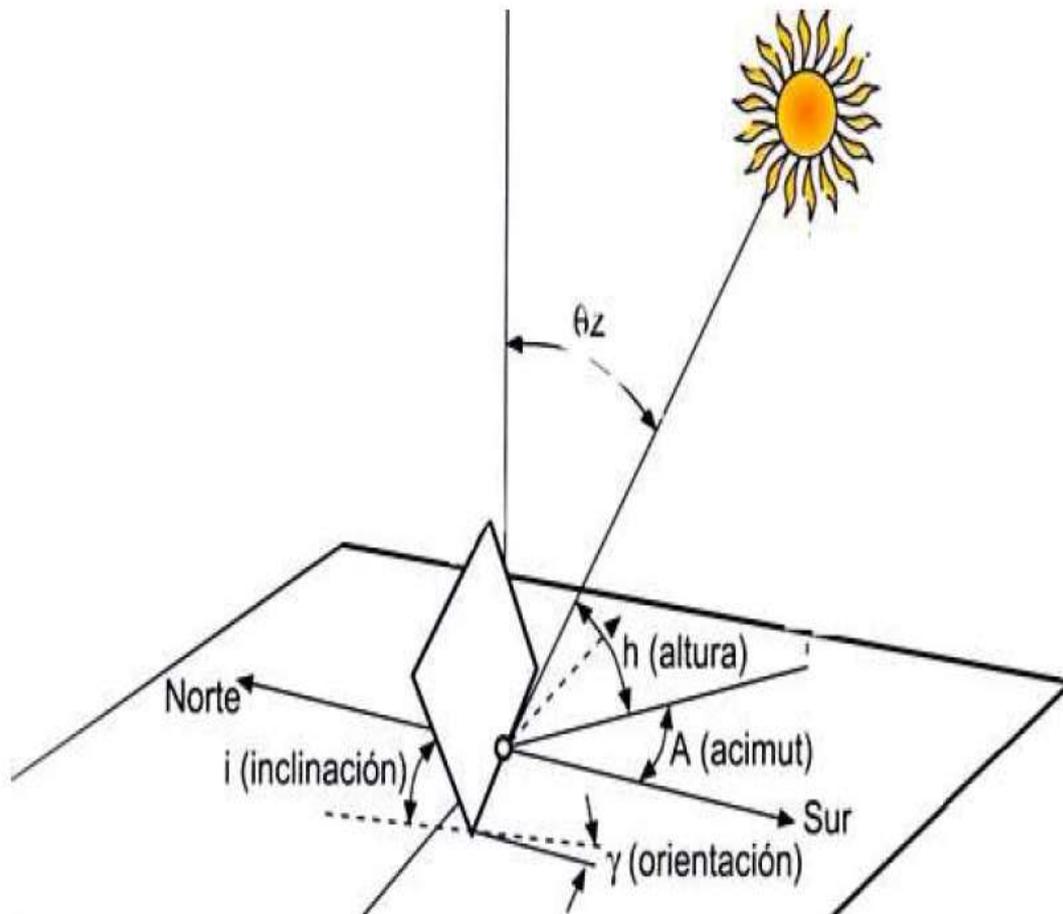


Figura 32. Ángulos de posición del Sol. Fuente: Asignatura Eficiencia Energética UE

Según la imagen, podemos observar que la **altura "h"** corresponde con el ángulo formado por el Sol respecto al plano horizontal mientras que el **acimut "A"** es el ángulo que forma el plano vertical que pasa por el Sol y el plano meridiano.

Para la orientación SUR el acimut sería de 0 grados y según el CTE, se mide con signo negativo hacia el ESTE y positivo hacia el OESTE.

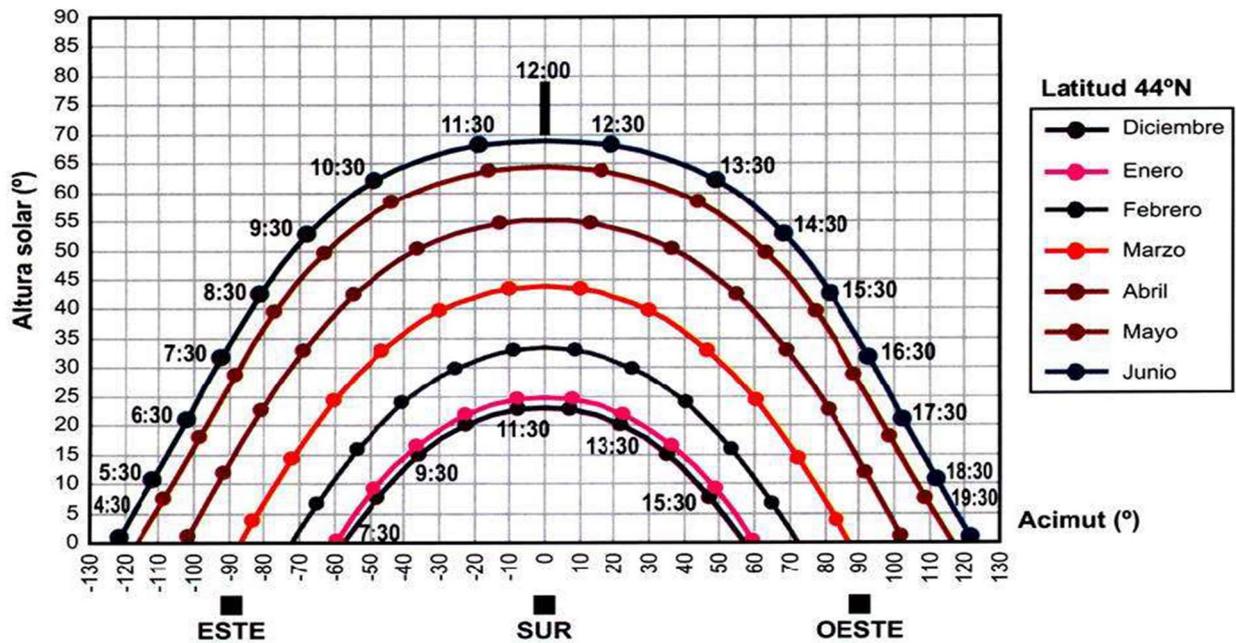


Figura 33. Ángulos de acimut y altura del del Sol. Fuente: Asignatura Eficiencia Energética UE

Según datos del Atlas de Radiación Solar en España publicado por AEMET, la irradiancia global media entre 1983 y 2005 en España es la siguiente:

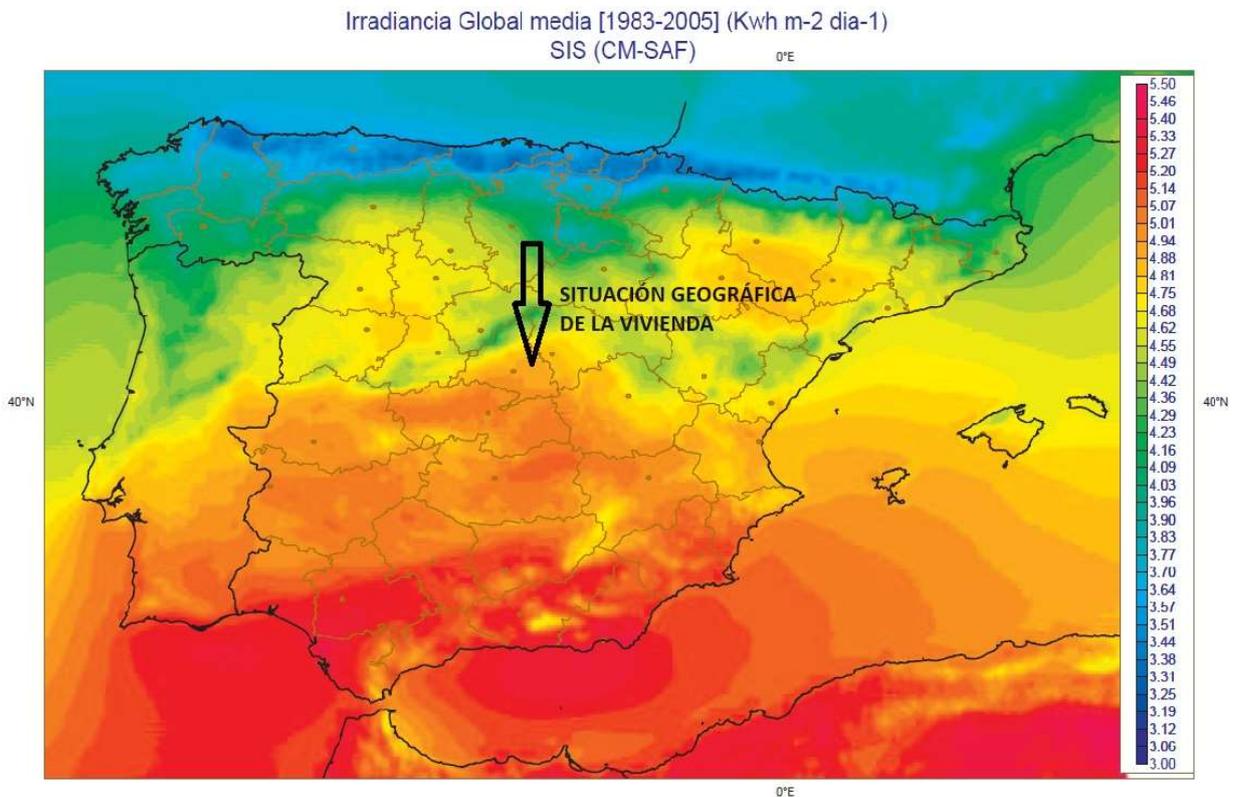


Figura 34. Irradiancia global media [1983-2005] en España en KWh/m2. Fuente: AEMET

De la figura anterior, podemos observar que el valor correspondiente de irradiancia global media para la vivienda a estudio (Villalbilla) es de en torno a 4,88 KWh/m² al día.

En concreto, para la Comunidad de Madrid, Provincia donde se encuentra la vivienda, la irradiancia directa, difusa y directa media y global media a lo largo del año viene determinada en la siguiente imagen:

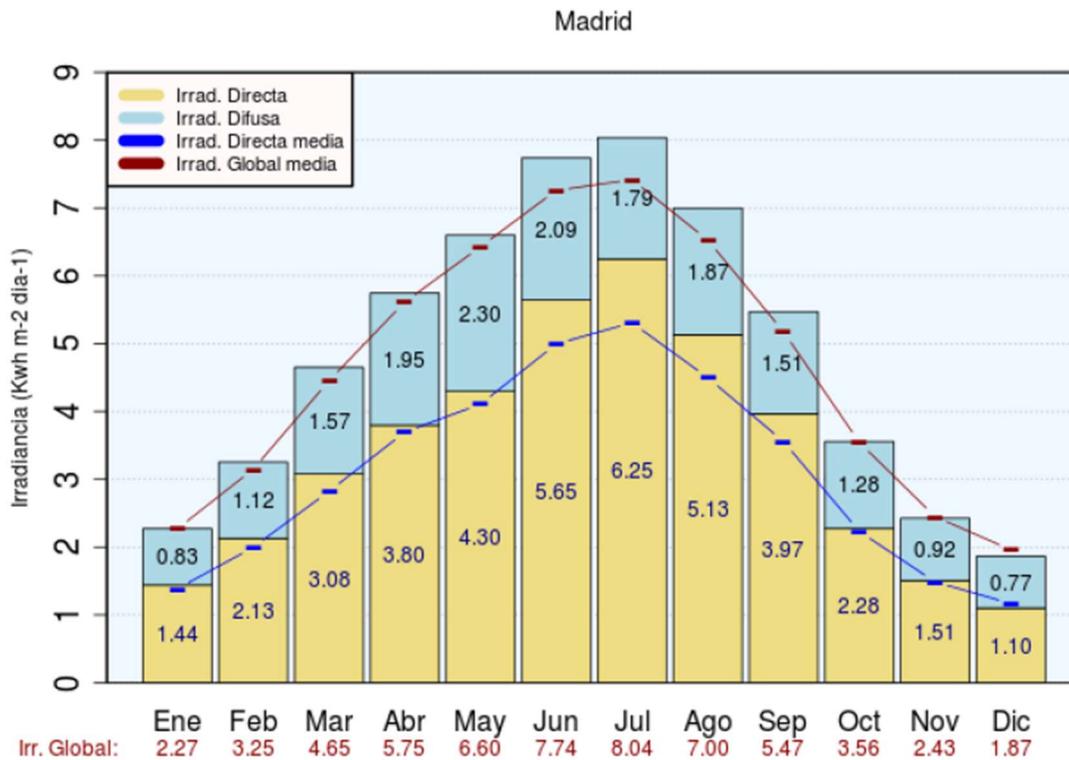


Figura 35. Valores de irradiancia a lo largo del año en la CCMM. Fuente: AEMET

De esta última imagen mostrada en la figura 35, se extraen datos muy interesantes a la hora de realizar nuestro diseño con placas fotovoltaicas ya que podemos observar los niveles de irradiación para cada mes del año. Cabe destacar, como no podía ser de otra manera, y en concordancia con la explicación anterior del movimiento del Sol, que el momento en el que se produce el Solsticio de verano (altura máxima anual del Sol y mayor duración del día) es el momento de mayor irradiación solar. Son los meses de junio y julio y no en agosto como en un primer momento nuestra imaginación podría asociar erróneamente.

En estos meses de irradiación solar máxima, en el mes de julio concretamente, entre radiación directa y difusa, sin contar la reflejada, los datos arrojan una irradiancia global en la Comunidad de Madrid de 8,04 kW/m².

Como curiosidad para el lector, cabe destacar que las provincias con el valor máximo de irradiación, que como hemos comentado anteriormente se produce durante en el mes de julio, son Jaén y Córdoba con 8,12KW/m² seguidos de Sevilla con 8,10 KW/m².

A continuación, como curiosidad también para el lector, se presenta el mapa con el valor de la irradiación Global media en Europa.

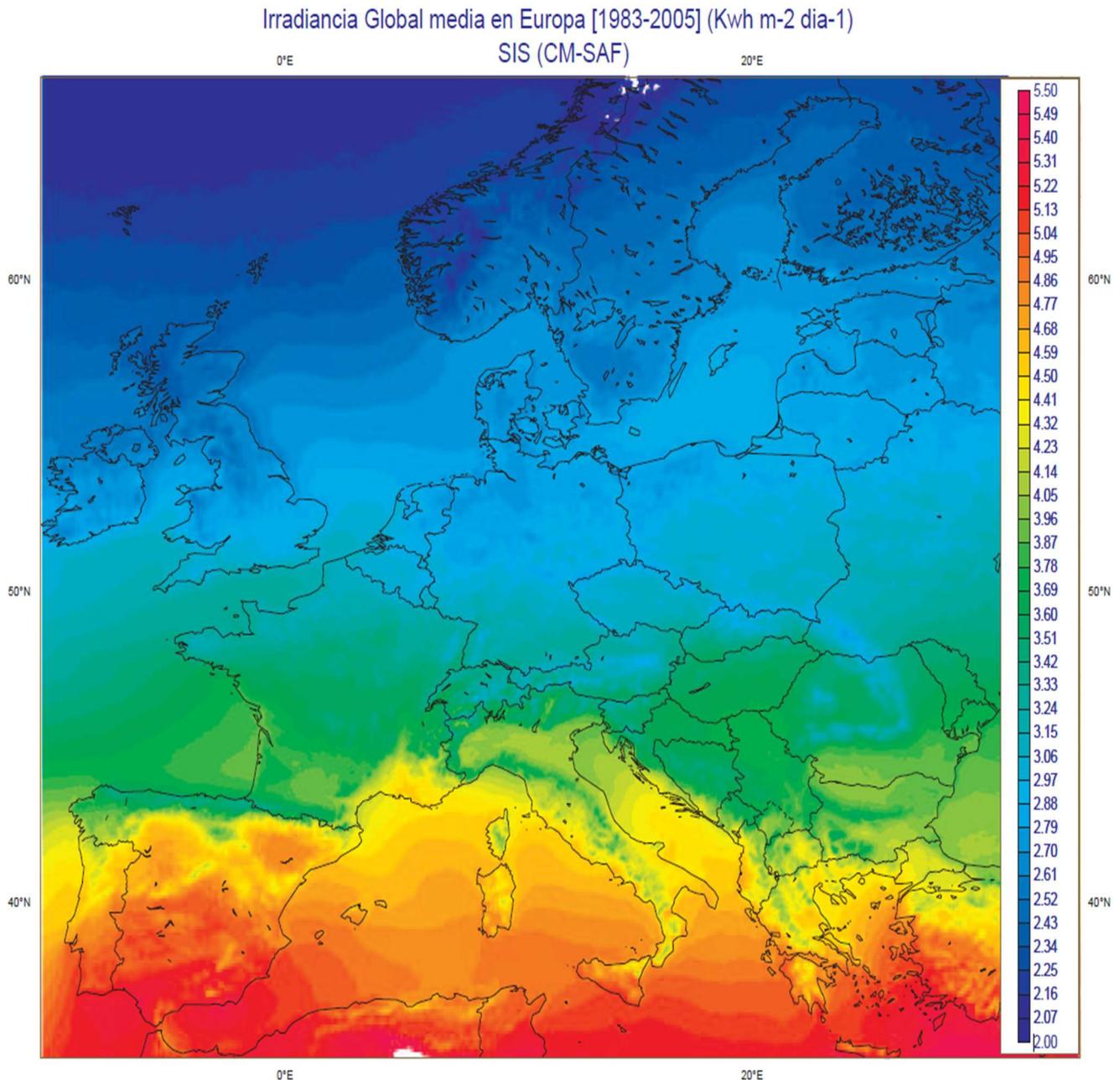


Figura 36. Irradiación global media [1983-2005] en Europa en KWh/m². Fuente: AEMET

De la imagen mostrada en la figura 36, se puede observar lo comentado al inicio de este apartado. España está situado geográficamente en una posición inmejorable para el desarrollo de fuentes de energía solares. De hecho, Madrid, junto con Atenas son las dos capitales europeas con mayor irradiancia global media diaria en Europa superándola Madrid, lugar en el que nos centramos en este proyecto, en el valor de irradiancia directa según se puede observar en la figura 37 mostrada a continuación.

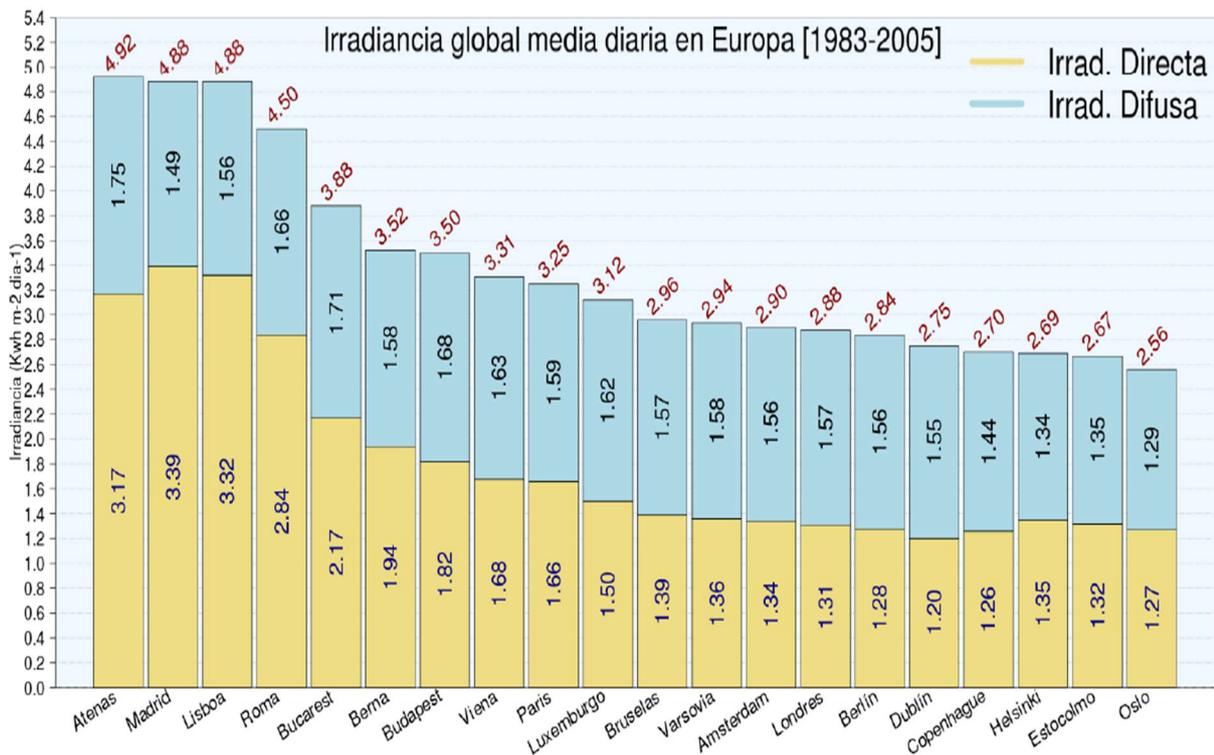


Figura 37. Irradiancia global media diaria en Europa en kWh/m² [1983-2005]. Fuente: AEMET

3.1.2 Generación de energía con paneles solares fotovoltaicos. Principios de funcionamiento.

A medida que la tecnología avanza y se investiga en nuevos materiales y técnicas, las células solares, muy primitivas, caras y poco eficientes en sus orígenes han conseguido establecerse en el mercado, cada vez más, como una alternativa de producción energética limpia, barata y con instalaciones sencillas.

Los paneles solares, basados en células solares, han propiciado hitos como el de que una persona o población pueda hacer uso de la energía en ubicaciones remotas y aisladas de las

redes eléctricas lo cual es un avance muy importante para países y personas que no tienen accesos a recursos energéticos.

El término fotovoltaico proviene del griego *phos*, que significa luz, y del término voltaico que hace referencia al ámbito de la electricidad y es que es de esta forma cómo las células solares y por tanto los paneles solares consiguen producir energía, transformando la irradiación incidente en ellos en un voltaje de tensión continua en sus bornes. Pero ¿cómo se produce este fenómeno físico?; mediante el *efecto fotoeléctrico*.

El efecto fotoeléctrico se basa en la energía que los electrones de un material adquieren cuando una radiación lumínica incide sobre su superficie. La luz incidente, que no deja de ser una onda energética electromagnética, aporta energía al material en forma de fotones que, a su vez, excita a los electrones del material. Debido a esa captación extra de energía por parte de los electrones, éstos pueden pasar a una banda energética superior o de conducción dentro del material, lo cual facilita el movimiento de estos.

En materiales semiconductores o aislantes, el aporte de energía a los electrones mediante la radiación solar no es suficiente como para que estos electrones lleguen a banda de conducción ya que hay que superar un cierto hueco de energía previamente. A continuación, se muestran las bandas de energía, según la naturaleza conductora de los materiales.

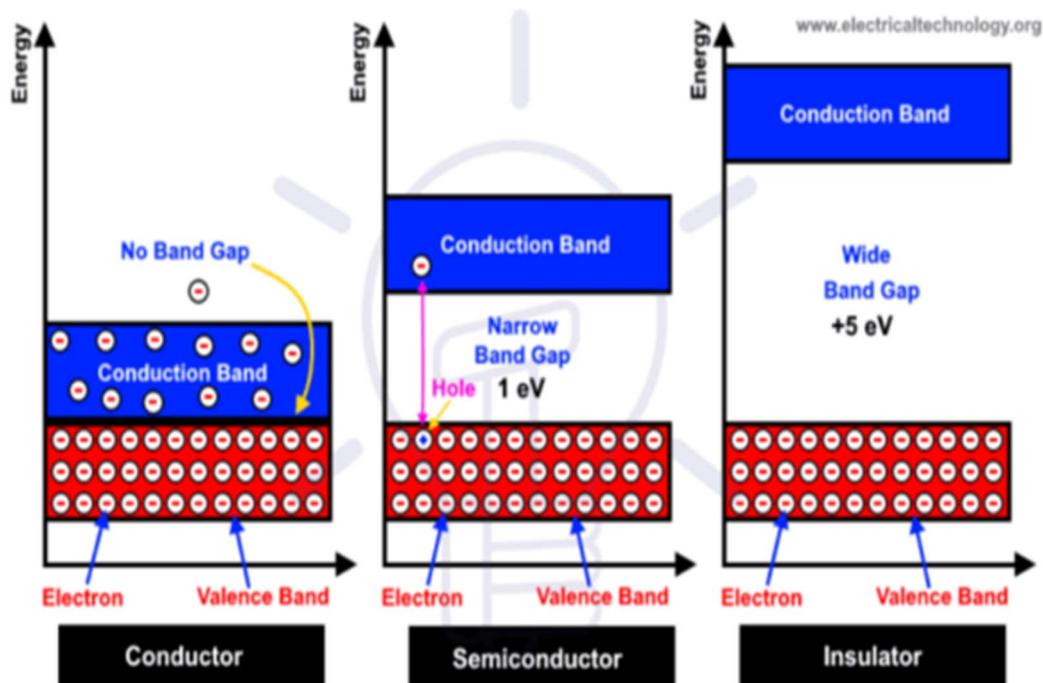


Figura 38. Bandas de energía para un conductor, semiconductor y aislante (Amieva, 2022)

El material del que están contruidos los paneles solares es el silicio, pero es un silicio en el que se realiza un procesado previo: el dopado.

El dopado consiste en añadir impurezas de ciertos materiales al silicio con el objetivo de conseguir una unión PN, técnica en la que se basa la fabricación de componentes electrónicos.

Existen dos tipos de silicio dopado:

- El silicio dopado *Tipo n* donde el silicio es dopado con impurezas de fósforo que posee un mayor número de electrones. Con este dopado conseguimos tener electrones libres, sin estar en equilibrio atómico.
- El silicio dopado *Tipo p* donde el silicio es dopado con impurezas de boro que, al contrario que en el caso anterior, posee menos electrones en su capa de valencia que el silicio. En este caso, del proceso de dopado, el material quedaría con lo que se llaman huecos, ya que el boro posee menos electrones en su capa de valencia con respecto al silicio y la configuración atómica es inestable.

Los paneles fotovoltaicos disponen de los dos tipos de silicio dopado. Al unir la parte de silicio dopado p con la parte de silicio dopado n se crea una unión PN.

Al juntar los materiales y crear la unión PN, en la línea que une los materiales, por cercanía, se produce una difusión entre los electrones libres de la parte N y los huecos de la parte P consiguiendo una cierta región de recombinación donde no hay electrones ni huecos libres. Es la llamada *zona de agotamiento*.

En la zona de agotamiento, debido a la pérdida de huecos en la zona P y de forma análoga con los electrones en la zona N se crea un pequeño campo eléctrico al quedar las zonas cargadas positiva y negativamente por esta pérdida de huecos y electrones en cada región.

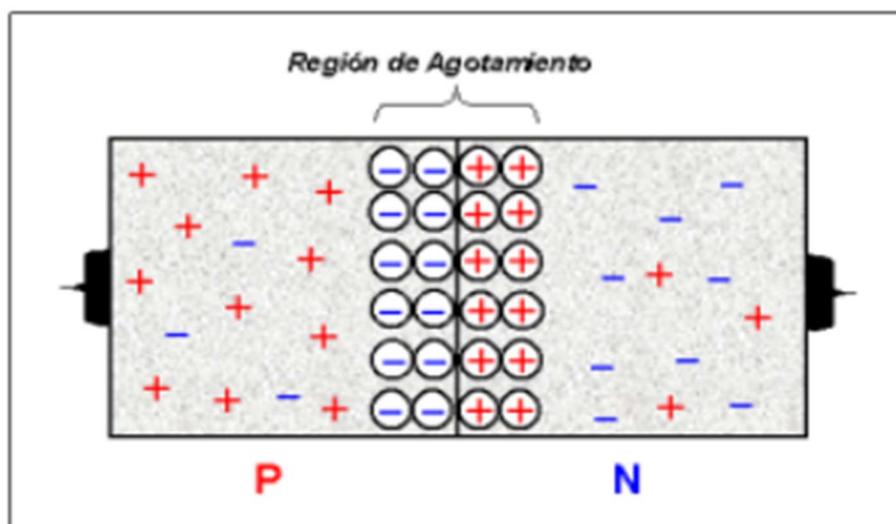


Figura 39. Región de agotamiento en una unión PN

Como se comentó anteriormente, el panel solar, formado por uniones PN como la mostrada en la figura anterior, se basa en el efecto fotoeléctrico. Si en las uniones PN del panel incide la radiación solar, ésta atravesará la zona N hasta llegar a la zona de agotamiento. Los electrones de la zona absorben fotones de la radiación incidente y aumentan su energía, vibrando y moviéndose de forma más rápida. Estos electrones crean pares electrón-hueco en la región de agotamiento que como consecuencia del pequeño campo eléctrico creado por la unión PN impulsan a los electrones hacia la zona N mientras que los huecos son impulsados a la zona P. Si esto sucede de manera continuada, debido al exceso en la concentración de electrones en la región N y al exceso de hueco en la P se desarrolla una diferencia de potencial entre ambos. Por lo tanto, si conectásemos una carga entre ambos puntos se consigue que los electrones circulen de la región N a la región P generando corriente continua y por tanto energía.

3.1.3 Componentes de una instalación solar fotovoltaica

En este apartado se van a comentar los componentes que forman parte de una instalación fotovoltaica y su propósito. Una vez explicado los tipos y propósito de cada uno de estos componentes se pasará al diseño y selección de estos para la vivienda que nos ocupa.

3.1.3.1 Paneles solares fotovoltaicos

Los paneles o módulos solares fotovoltaicos son el dispositivo principal de una instalación solar fotovoltaica. Son el elemento que crea, en base al efecto fotoeléctrico, la fuerza motriz, el voltaje en continua, para mover los electrones del material y generar por tanto energía.

El panel solar, como se comentó en el apartado anterior, está formado internamente por células solares anidadas entre sí para proporcionar un cierto valor de voltaje a su salida. Con la unión, a su vez de paneles solares en serie y/o paralelo se consiguen valores de tensión y potencia elevados para instalaciones domésticas o incluso de generación.

Las células solares que conforman internamente los paneles están fabricadas en silicio. Dependiendo de la disposición de estas células de silicio, existen tres tipos de paneles solares:

- **Amorfos:** Tienen un coste inferior con respecto a las otras tecnologías ya que son fabricados con un espesor menor. Su rendimiento es bajo, entre el 5% - 7%, por lo que van quedando obsoletos.
- **Monocristalinos:** Este tipo de panel está formado por un solo cristal de silicio. Se diferencian del resto por su aspecto ya que tienen un color muy oscuro. Su coste es más elevado que los amorfos, pero tienen un rendimiento mucho más alto, entre el 16% - 18%. Son los paneles más utilizados y los que se usarán para el diseño de la instalación solar propuesta en este proyecto.

- **Policristalinos:** Este tipo de paneles tiene un coste inferior al monocristalino ya que su proceso de producción es más económico. Tienen una eficiencia menor que los monocristalinos, alrededor del 16%, y cuentan con una tolerancia inferior al calor por lo que su eficiencia a altas temperaturas es menor.

A continuación, se muestra una imagen de los tres tipos de paneles comentados:

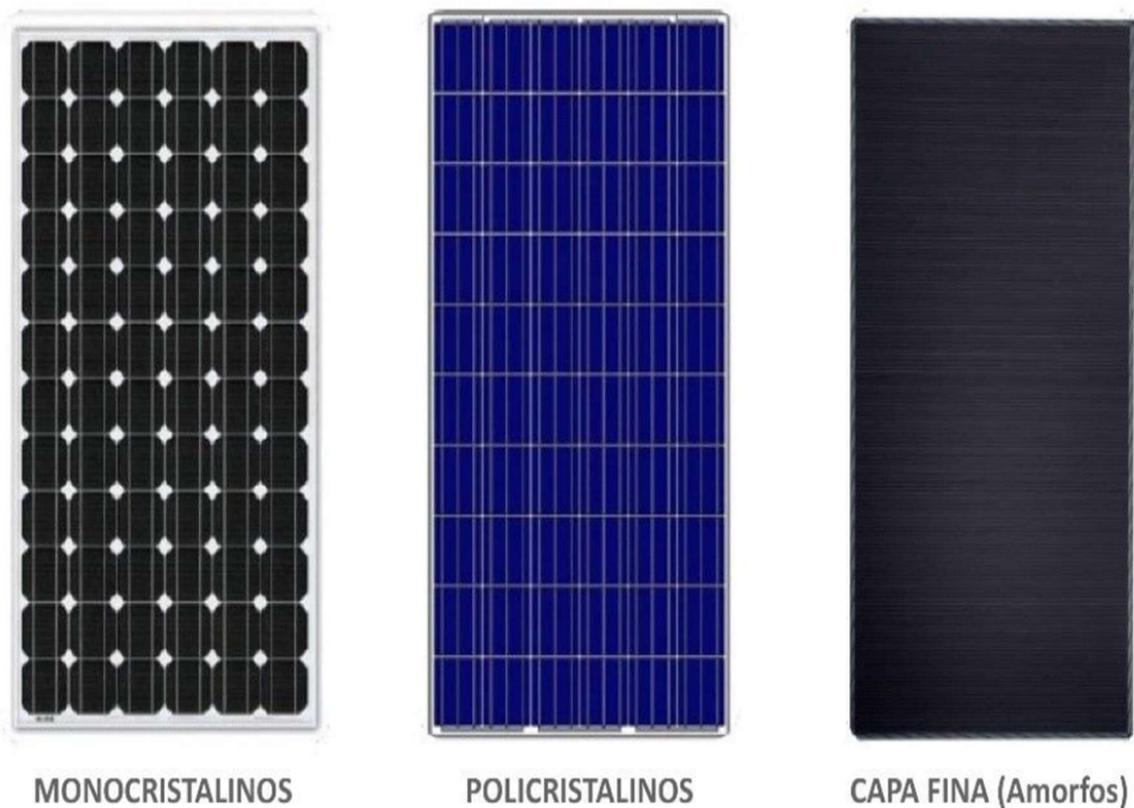


Figura 40. Tipos de módulos solares

Los módulos solares van encapsulados por diferentes capas de materiales que les proporcionan rigidez y protección mecánica, así como protección frente a la exposición directa al clima. A continuación, se muestra una imagen de su composición:

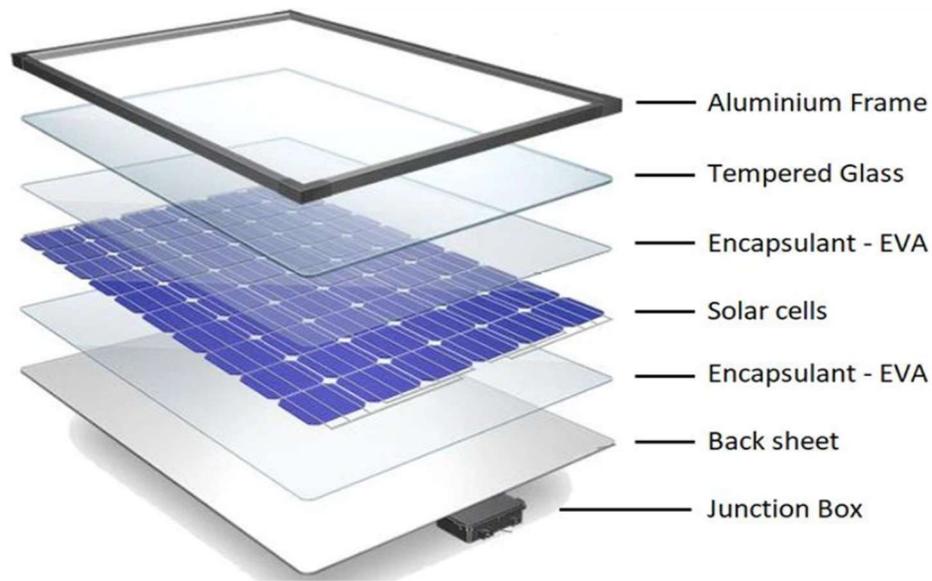


Figura 41. Encapsulado de un módulo solar fotovoltaico. Fuente: dsisolar

Una vez comentados los tipos de paneles solares y su composición, es importante destacar que la disposición de estos a la hora de realizar el diseño de una instalación es fundamental. Como se comentó en apartados anteriores, el Sol va tomando distintas posiciones a lo largo del día y del año y estas variables, junto con la orientación y localización de la vivienda, y los hábitos de consumo son los factores clave a tener en cuenta para elegir tanto el número de paneles como la orientación y ángulo de los mismos. Además, es de vital importancia evitar posibles sombras por elementos externos en los paneles solares para maximizar la energía que producen.

NOTA: Como curiosidad para el lector, en la actualidad, en fase de desarrollo para el sector espacial, se han creado células solares multiunión, las cuales tienen una alta eficiencia. Actualmente se han obtenido eficiencias del 47,1% (Ryan France, 2020), que se esperan poder incrementar con células de puntos cuánticos en fase todavía de laboratorio.

3.1.3.1.1 Características eléctricas de un panel solar fotovoltaico

Los paneles solares, una vez contruidos en base a su diseño, se someten a una serie de ensayos según la norma EN61215. Estos ensayos se realizan en unas condiciones concretas llamadas STC o CEM (Standard Test Conditions / Condiciones Estándar de Medida):

- Irradiancia = 1000 W/m²
- Temperatura superficial = 25°C
- Viento = 0 m/s
- Espectro de masa de aire = 1,5 AM

Los resultados obtenidos en estos ensayos caracterizan el panel y proporcionan curvas y datos eléctricos y de funcionamiento muy importantes. Todos los valores medidos en este ensayo son valores de pico.

A continuación, se muestran los parámetros en condiciones estándar (STC) para tres modelos de paneles de la marca LG

Propiedades eléctricas (STC*)

Modelo		LG360S2W-A5	LG355S2W-A5	LG350S2W-A5
Potencia máxima (P _{máx})	[W]	360	355	350
Voltaje en punto de máxima potencia (V _{mpp})	[V]	37.7	37.4	37.1
Corriente en punto de máxima potencia (I _{mpp})	[A]	9.56	9.50	9.44
Voltaje en circuito abierto (V _{oc})	[V]	46.6	46.4	46.3
Corriente de cortocircuito (I _{sc})	[A]	10.12	10.07	10.02
Eficiencia del módulo	[%]	17.4	17.1	16.9
Temperatura de funcionamiento	[°C]	-40 ~ +90		
Voltaje máximo del sistema	[V]	1,000(IEC), 1,500(UL)		
Capacidad máxima del fusible previo	[A]	20		
Tolerancia de potencia	[%]	0 ~ +3		

* Condiciones de prueba estándar (STC): irradiación de 1000 W/m²; temperatura de la celda 25 °C; AM de 1,5

Figura 42. Características eléctricas de módulos solares en condiciones STC Fuente: Sotysolar

Junto con las propiedades eléctricas en condiciones estándar (STC), los fabricantes también aportan una tabla en condiciones NOCT (Nominal Operating Cell Temperature). Las características de ensayo del panel en condiciones NOCT son mucho más realistas y por ello se suelen tomar de referencia para realizar los estudios y diseños. Son las siguientes:

- Irradiancia = 800 W/m²
- Temperatura superficial = 45°C
- Viento = 1 m/s a 20°C
- Espectro de masa de aire = 1,5 AM

A continuación, se muestran los parámetros eléctricos en condiciones NOCT para los tres mismos modelos de paneles de la marca LG.

Propiedades eléctricas (NOCT*)

Modelo		LG360S2W-A5	LG355S2W-A5	LG350S2W-A5
Potencia máxima (P _{máx})	[W]	264	260	257
Voltaje en punto de máxima potencia (V _{mpp})	[V]	34.6	34.3	34.0
Corriente en punto de máxima potencia (I _{mpp})	[A]	7.63	7.58	7.54
Voltaje en circuito abierto (V _{oc})	[V]	43.2	43.0	42.9
Corriente de cortocircuito (I _{sc})	[A]	8.14	8.10	8.06

***NOCT** (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800 [W/m²], temperatura de ambiente 20 [°C], velocidad de viento 1 [m/s]

Figura 43. Características eléctricas de módulos solares en condiciones NOCT. Fuente: Sotysolar

La temperatura de operación nominal de la célula (NOCT), tiene una relación directa con la temperatura que alcanzan las células del panel a una temperatura ambiente determinada.

Cuanto menor es la temperatura del módulo, mejor trabaja y más potencia entrega.

El cálculo de las temperaturas de operación de los módulos en las condiciones más desfavorables se puede calcular como:

$$T_{frio} = T_{a,fria} + \frac{NOTC - 20}{800} \cdot I_{rr,fria}$$

$$T_{calor} = T_{a,cálida} + \frac{NOTC - 20}{800} \cdot I_{rr,cálida}$$

La siguiente gráfica se obtiene de los ensayos comentados anteriormente y se conoce como la característica V-I de un módulo solar fotovoltaico. En esta gráfica se muestran los parámetros característicos del panel que pasaremos a comentar:

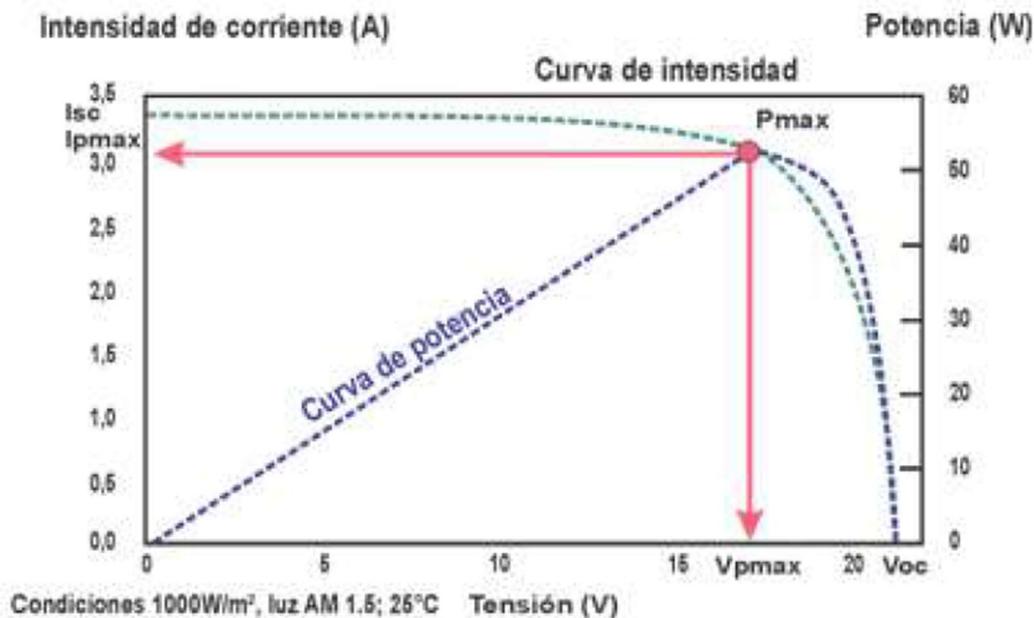


Figura 44. Gráfica V-I de un módulo fotovoltaico. (Cantalapiedra, 2024)

Potencia pico (Pmax): Es la potencia más elevada que puede proporcionar el módulo fotovoltaico. Se obtiene del producto entre la tensión máxima de pico (V_{pmax}) y la corriente pico máxima que puede entregar el panel (I_{pmax}).

Tensión en circuito abierto (Voc): Es el valor máximo de tensión en bornes del panel a circuito abierto; sin carga conectada.

Intensidad de cortocircuito (Isc): Es el valor máximo de intensidad que puede manejar el panel fotovoltaico sin deteriorarse.

Tensión en el punto de máxima potencia (Vpmax): Es el valor de tensión que tiene el panel cuando está en condiciones de máxima potencia. Suele ser el 80% de la de vacío.

Intensidad de corriente máxima (Ipmax): Es el valor de corriente que entrega el panel cuando está en condiciones de máxima potencia.

Eficiencia o rendimiento: Es la relación entre la potencia máxima entregada por el panel entre la potencia luminosa incidente en él.

Factor de forma (FF): El factor de forma del panel es la relación entre la potencia pico (P_{max}) con el voltaje en circuito abierto (V_{oc}) e intensidad de cortocircuito (I_{sc}), que son los valores máximos de tensión e intensidad que puede llegar a entregar el panel. El factor de forma suele tener un valor superior a 0,7 en paneles de buena calidad.

De las características comentadas anteriormente, la eficiencia y el factor de forma suelen ser los parámetros más indicativos sobre las prestaciones del panel, aunque no son los más interesantes a la hora de valorar la calidad de una placa solar a largo plazo.

Los paneles solares sufren una pérdida de eficiencia con el tiempo debido a la degradación de las células. En el final de su vida útil, que se estima en 25 años, una instalación solar producirá en torno a un 10% - 20%.

3.1.3.1.2 Conexión de los módulos fotovoltaicos

Los módulos solares fotovoltaicos generan tensiones continuas bajas en circuito abierto, en torno a los 40 voltios. Para poder lograr unos niveles de potencia generados de cierta entidad, según la aplicación, se hace necesario interconectar paneles para sumar y complementar sus potencias. Las dos formas de realizar estas interconexiones es igual que con baterías de continua, en serie, en paralelo o una mezcla de ambas.

- **Conexión en serie o string:** En esta configuración se une el terminal positivo de un módulo al negativo del siguiente formando así una unión de paneles en la que se suman los voltajes de cada uno de ellos. La salida del string será el terminal positivo del primer módulo y el negativo del último.

Conexión en Serie | String o Cadena

$$V_{OC_String} = 49,2 \text{ V} \times 10 = 492 \text{ V}$$

$$V_{OC_String_Corregido} = 492 \text{ V} \times 1,076 = 529 \text{ V}$$

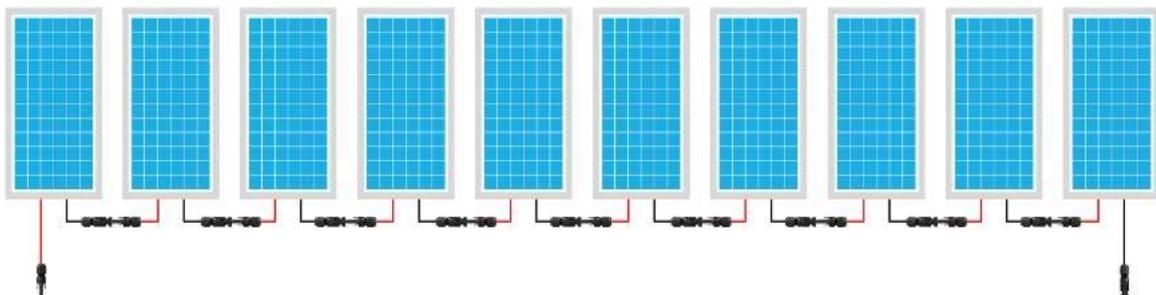


Figura 45. String de 10 módulos solares. Fuente: Ilumin

De la imagen anterior podemos observar cómo partiendo de paneles con $V_{oc} = 49,2\text{v}$, conseguimos una tensión total de salida de 529v lo cual ya es considerable.

- **Conexión en paralelo o array:** En este caso, se conectan todos los módulos solares en paralelo para lograr una suma de corrientes de los paneles en lugar de una suma de tensiones. Se conectan los terminales positivo y negativo de cada panel entre ellos y la

salida general de la unión será entre el positivo y negativo de cualquiera de los módulos.

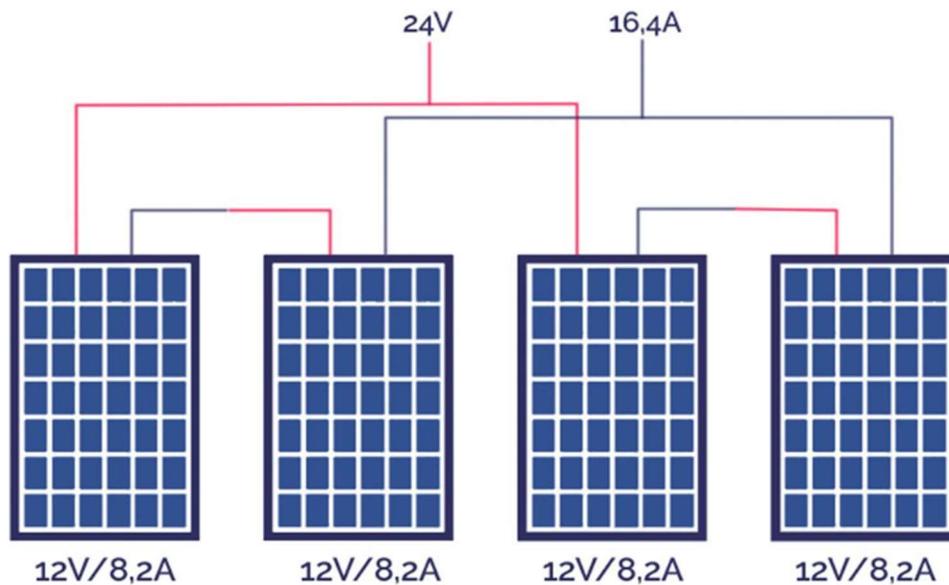


Figura 46. Array de 4 paneles solares. Fuente: Solarcos

Normalmente, en función de la potencia necesaria, las instalaciones llevan una mezcla de conexiones serie paralelo. En viviendas, por ejemplo, con configurar strings es suficiente mientras que, en instalaciones de gran potencia, como plantas solares, se hace necesario una mezcla de conexión entre arrays y string.

Para hacer interconexiones de este con paneles, se deben seleccionar módulos con las mismas características I-V para evitar recirculaciones y pérdidas de rendimiento en la instalación.

3.1.3.1.3 Estructura soporte de los paneles solares

Sea cual sea la ubicación final donde se instalen los paneles solares (tejados, azoteas o incluso en suelo), éstos deben de ir colocados sobre una estructura soporte. Esta estructura cumple fundamentalmente dos funciones muy importantes:

- Sujeta y fija mecánicamente el panel para protegerlo de las condiciones climáticas de la intemperie (fundamentalmente viento).
- Nos permite regular la inclinación y orientación del panel para conseguir la mayor eficiencia.

Recientemente, con el aumento de instalaciones solares en viviendas, se han podido ver accidentes en los que el viento ha provocado que paneles solares salgan literalmente “volando”. Esto, muy peligroso, se debe a un anclaje de los mismos deficiente, mal diseñado, y es un punto que se debe asegurar en la instalación.

En el diseño solar fotovoltaico que se propondrá en este trabajo, se supondrán posibles velocidades de viento de hasta 130km/h. El estudio detallado de la estructura no formará parte de este TFM.

Las estructuras de soporte de los paneles solares están diseñadas con guías de aluminio y varillas autorroscantes. A continuación, se muestra una imagen de un soporte.



Figura 47. Soporte sobre suelo para paneles solares. Fuente: generatupropiaenergia.es

3.1.3.2 Inversores

El segundo de los elementos de una instalación solar que se va a comentar es el *inversor*.

Este dispositivo es el encargado de transformar la energía eléctrica que producen los paneles solares (en tensión continua) en una tensión alterna de valores normalizados (230 v y 50 Hz) para poder ser consumida o inyectada a la red.

El inversor es básicamente un convertidor de potencia CC/CA y debe posibilitar el funcionar en un rango de potencias amplio y ser altamente eficiente para tener el menos número de pérdidas posible en la conversión de energía.

En función del tipo de instalación, existen fundamentalmente dos tipos de inversores:

- Aislados de la red eléctrica

- Con conexión a red eléctrica para inyectar excedentes.

A continuación, se muestra una imagen de un inversor utilizado en una vivienda:



Figura 48. Inversor solar de 1000 w. Fuente: Autosolar.es

3.1.3.3 Baterías

Debido al avance en materiales y tecnología en baterías, éstas se han convertido en una opción interesante a la hora de diseñar una instalación solar. Las capacidades de carga y descarga, cada vez más altas, junto con el menor volumen y peso de estas está posibilitando el poder utilizarlas cada vez en más aplicaciones.

Las baterías han abierto la posibilidad de apoyar el suministro de energía de las instalaciones solares en los momentos en los que no hay radiación solar. Podemos utilizarlas por tanto para:

- Instalaciones aisladas de la red eléctrica, donde parte de la energía capturada durante las horas de radiación solar se almacena para utilizarla en otro momento o como apoyo.
- En instalaciones conectadas a red, donde el excedente de producción se almacena en la batería para poder ser utilizado durante la noche o apoyando picos elevados de consumo. De esta manera se mejora la eficiencia de la instalación.

Fundamentalmente hay dos tipos de baterías:

- Ácido (de plomo-ácido, plomo-antimonio y plomo cálcio).
- Alcalino (níquel-cadmio, litio).

En la actualidad, se suelen utilizar las baterías de níquel- cadmio, más caras que las de ácido, y las baterías de litio-ión, las cuales son todavía más caras, pero tienen una vida útil más elevada

y un alto rendimiento. Además, no necesitan de ningún tipo de mantenimiento durante su vida útil.

Las características principales de una batería en las que debemos fijarnos a la hora de realizar un diseño son:

- **Capacidad:** Es la cantidad de energía que la batería puede almacenar y que por tanto puede obtenerse durante su descarga. Se mide en Amperios – hora (Ah) que hace referencia a la cantidad de amperios que la batería nos podría estar proporcionando durante una hora. Una batería de 250Ah podría suministrar 250A durante una hora o 25A durante 10h, dependerá del consumo de la carga la duración de esta.
- **Temperatura de funcionamiento:** La capacidad de las baterías disminuye con temperaturas bajas y aumenta con temperaturas altas, aunque acorta su vida útil.
- **Profundidad de descarga:** Es la descarga que podemos hacer de la batería con respecto a su capacidad sin que esta sufra daños por descargas demasiado elevadas que puedan deteriorar la química interna. Hay baterías en las que se pueden hacer descargas profundas de hasta el 80% y otras en las que no es recomendable llegar a esos valores tan altos ya que la vida útil de la misma se compromete.

En aplicaciones fotovoltaicas interesa utilizar baterías de descarga profunda para cubrir al máximo el tiempo que no hay radiación solar. A continuación, se muestra una imagen de una batería utilizada en la instalación fotovoltaica de una vivienda.



Figura 49. Batería Sonnen Batterie 10 de 4,6kW de potencia. Fuente: Sonnen

3.1.3.4 Reguladores de carga

El regulador de carga es el componente encargado de administrar la energía que se genera en los módulos solares. Es un elemento imprescindible para la gestión de la carga de las baterías ya que regula la corriente que esta absorbe y entrega para que no sobrepase los límites de seguridad.

Los tipos más comunes en fotovoltaica son:

- **PWM (Pulse Width Modulation):** Son los más económicos y se usan para instalaciones sencillas.
- **MPPT (Maximum Power Point Tracking):** Regulan la corriente a las baterías en función de la captación del panel. Hacen trabajar al panel en su punto de máxima potencia, adaptando la tensión de salida y maximizando la producción de los paneles en todo momento.

A continuación, se muestra una imagen de cada uno de estos controladores:



Figura 50. Reguladores PWM y MPPT. Fuente: Prostarsolar y renova-energia

3.1.3.5 Cableado y protecciones

Una vez explicados los componentes utilizados en una instalación solar fotovoltaica faltaría comentar su interconexión, cableado y protecciones que es necesario utilizar en estas instalaciones y en base a que normas y precauciones previas.

Las instalaciones solares en viviendas deben seguir el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y sus ITC complementarias.

El cableado de todos los módulos fotovoltaicos debe tener una sección adecuada, calculada según ITC-BT-19 del REBT, para que puedan manejar la corriente generada

La unión de los módulos solares, el string, llegará al inversor para convertir la energía recibida en tensión alterna de 230v y 50Hz. La salida del inversor deberá pasar por un cuadro de protección y medida dedicado para la instalación solar en el que habrá al menos un magnetotérmico y un diferencial.

La sección del cable de salida del cuadro, junto con el irá a la batería, y cuadro principal de la vivienda, deberán también tener una sección adecuada para manejar la corriente calculada según ITC-BT-19 del REBT.

En la siguiente figura se muestra un esquema general de conexión de una instalación solar fotovoltaica y en la figura 52 se muestra la tabla de cálculo de la sección de conductores según la ITC-BT-19.

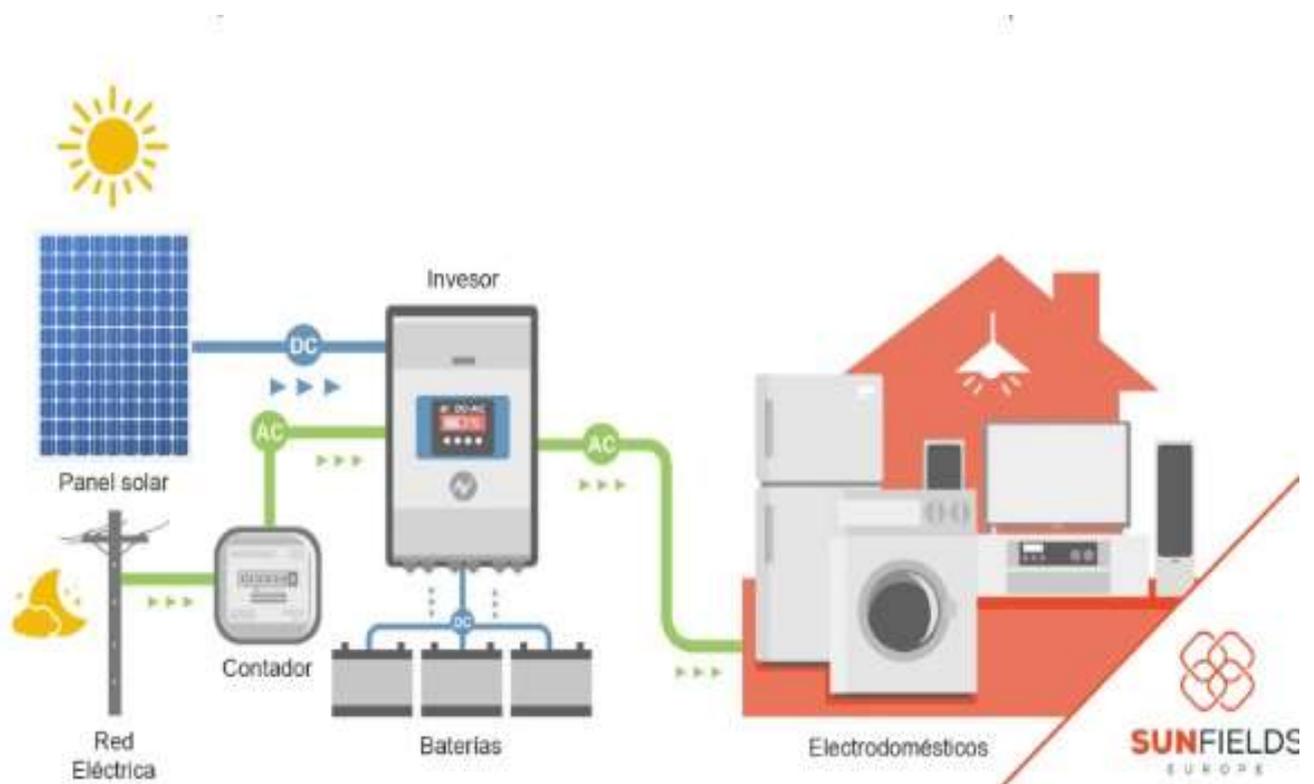


Figura 51. Esquema general de instalación solar en una vivienda. Fuente: sfe-solar

Intensidades admisibles (A) al aire 40°C

Nº DE CONDUCTORES CON CARGA Y NATURALEZA DEL AISLAMIENTO ITC-BT-19

		3x	2x		3x	2x		3x	2x		3x	2x
A	 Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes	PVC	PVC		XLPE o EPR	XLPE o EPR						
A2	 Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	PVC	PVC		XLPE o EPR	XLPE o EPR						
B	 Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				PVC	PVC				XLPE o EPR	XLPE o EPR	
B2	 Cables multiconductores en tubos en montaje superficial y empotrados en obra			PVC	PVC					XLPE o EPR	XLPE o EPR	
C	 Cables multiconductores directamente sobre la pared									PVC	PVC	XLPE o EPR
E	 Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3D									PVC		XLPE o EPR
F	 Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D									PVC		XLPE o EPR
G	 Cables unipolares separados mínimo D									PVC		XLPE o EPR

	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	–	18	21	24	–
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	–	25	29	33	–
	4	20	21	23	24	27	30	–	34	38	45	–
	6	25	27	30	32	36	37	–	44	49	57	–
	10	34	37	40	44	50	52	–	60	68	76	–
	16	45	49	54	59	66	70	–	80	91	105	–
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	205
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601
240				315	350	374	419	455	490	552	711	
300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Figura 52. Cálculo de la Sección y número de conductores según ITC-BT-19. Fuente: (Cantalapiedra, 2024)

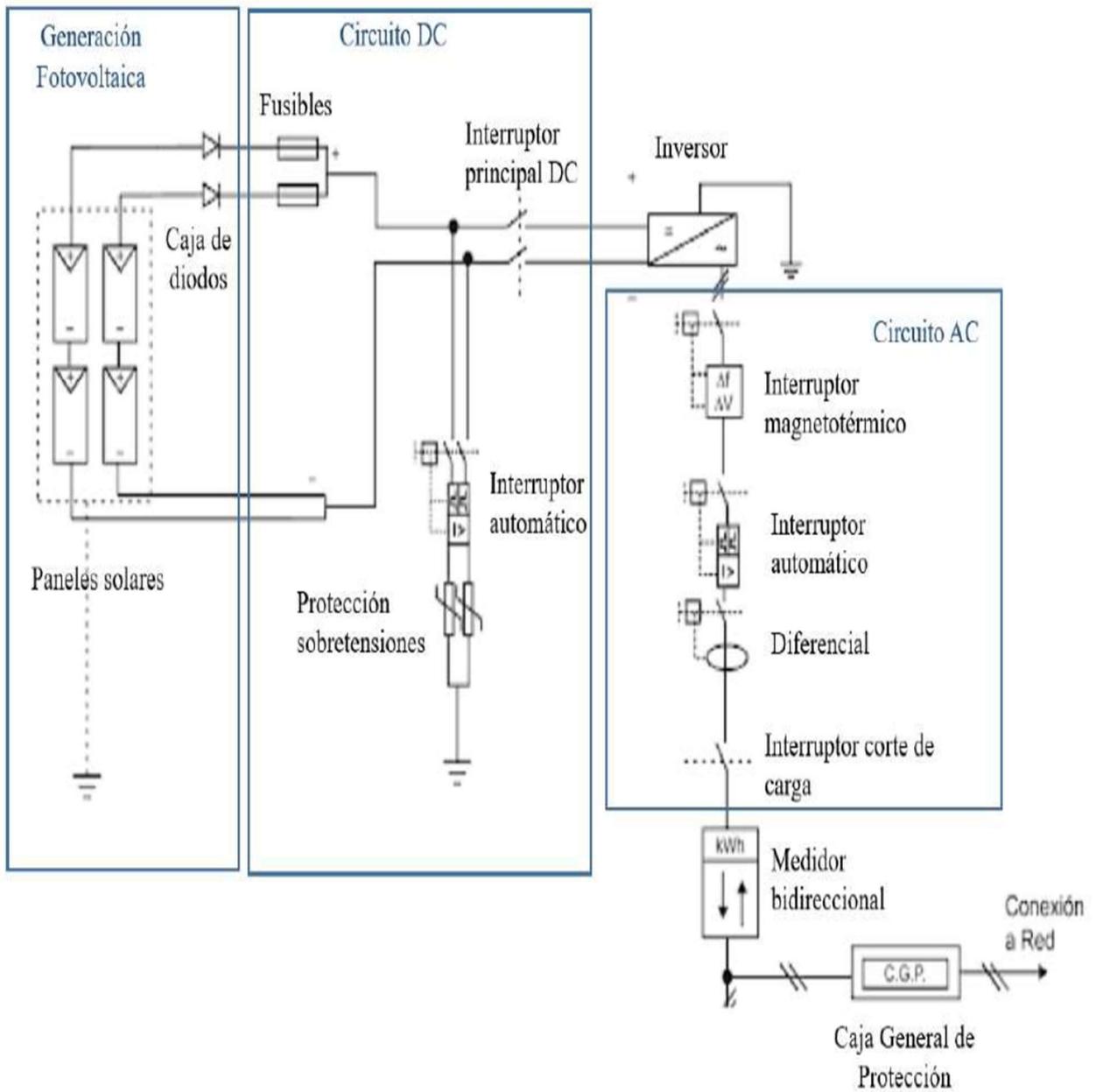


Figura 53. Esquema unifilar de una instalación solar. Fuente: (Cantalapiedra, 2024).

3.1.4 Diseño de la instalación solar fotovoltaica de la vivienda

En este apartado, se va a realizar el diseño de la instalación solar fotovoltaica para la edificación propuesta. De las características constructivas de la vivienda, que se expusieron en el Capítulo dos, junto con los aspectos climatológicos y de ubicación podemos obtener los siguientes datos relevantes de cara al diseño:

3.1.4.1 Características de la vivienda y ubicación geográfica

Partimos de una vivienda unifamiliar con acceso a tejado. La cubierta es a cuatro aguas, con acceso a tres de ellas al colindar una con el vecino. Las orientaciones disponibles en el tejado para los paneles solares son SURESTE, SUROESTE y NOROESTE.

La vivienda posee 137,2 m² útiles construida en parcela de 315m² y se encuentra en la localidad de Los Hueros, provincia de Madrid, con coordenadas 40.440783, -3.368307.

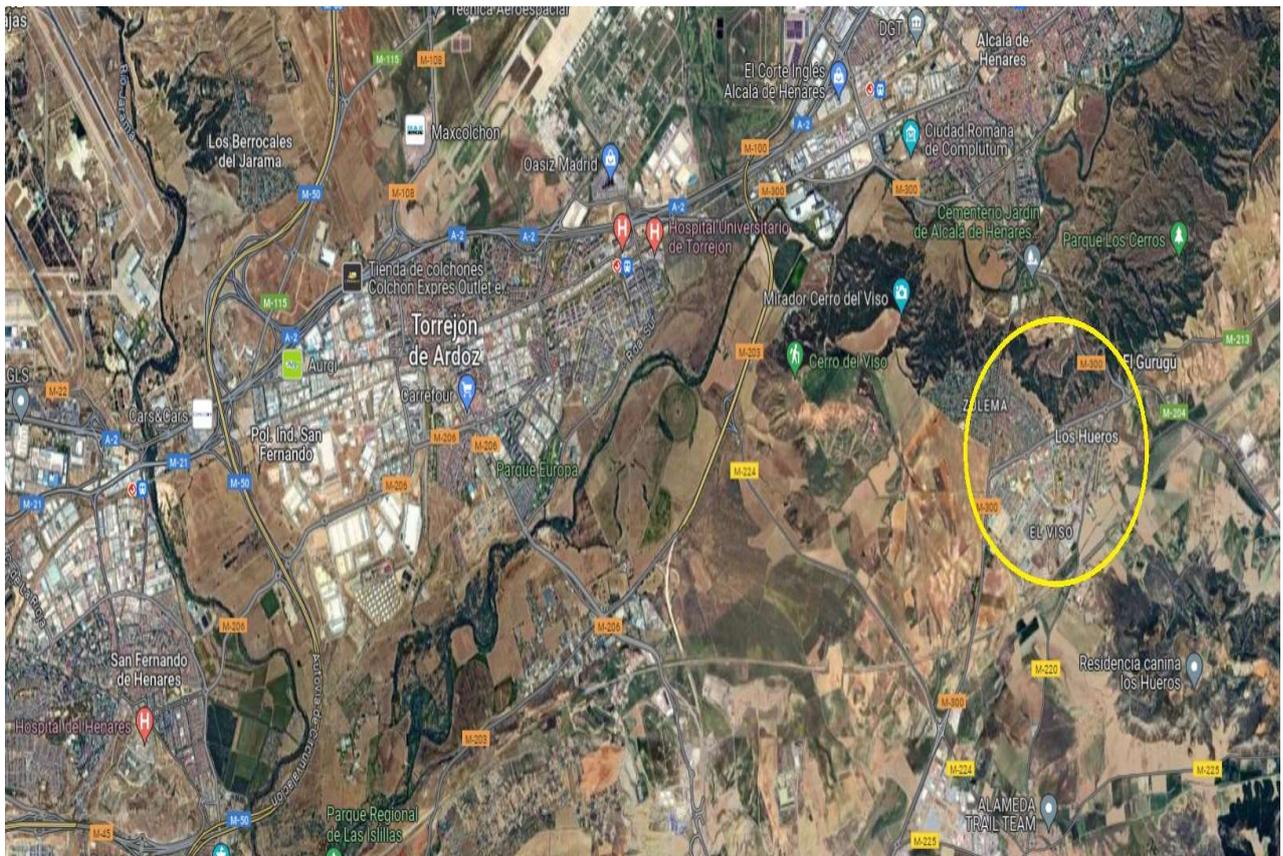
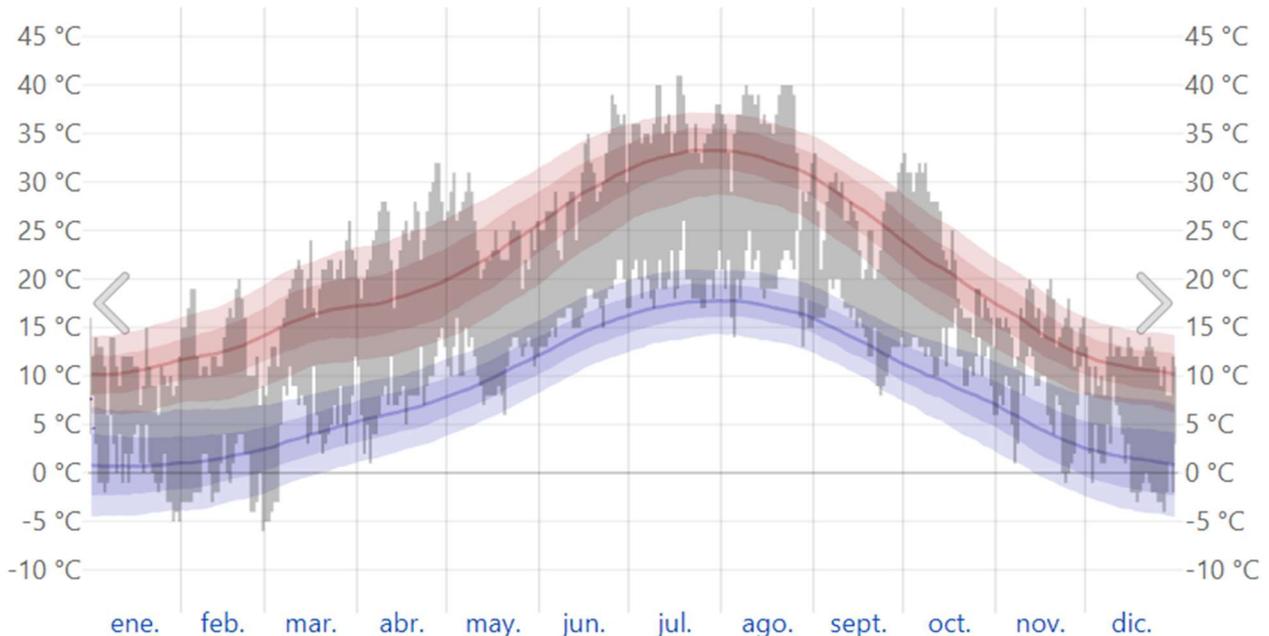


Figura 54. Ubicación de la vivienda. Fuente Google Maps

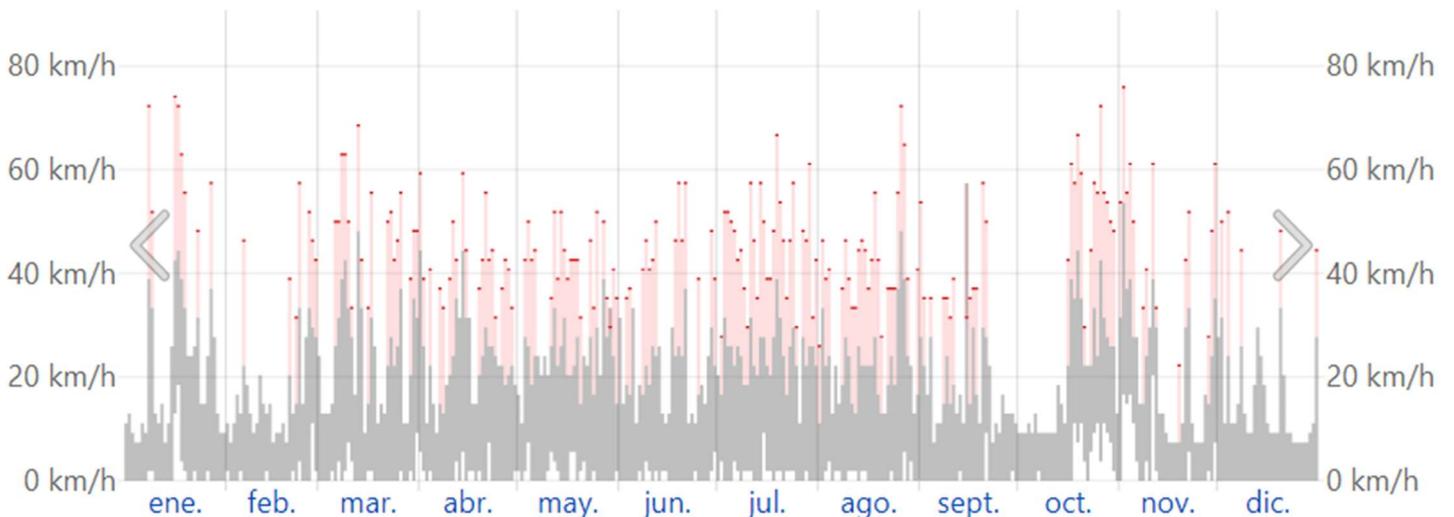
3.1.4.2 Climatología de la zona

A continuación, se muestran los datos históricos de temperaturas, velocidad del viento, horas de luz natural, elevación y acimut del Sol y presión atmosférica en Madrid en el año 2023:



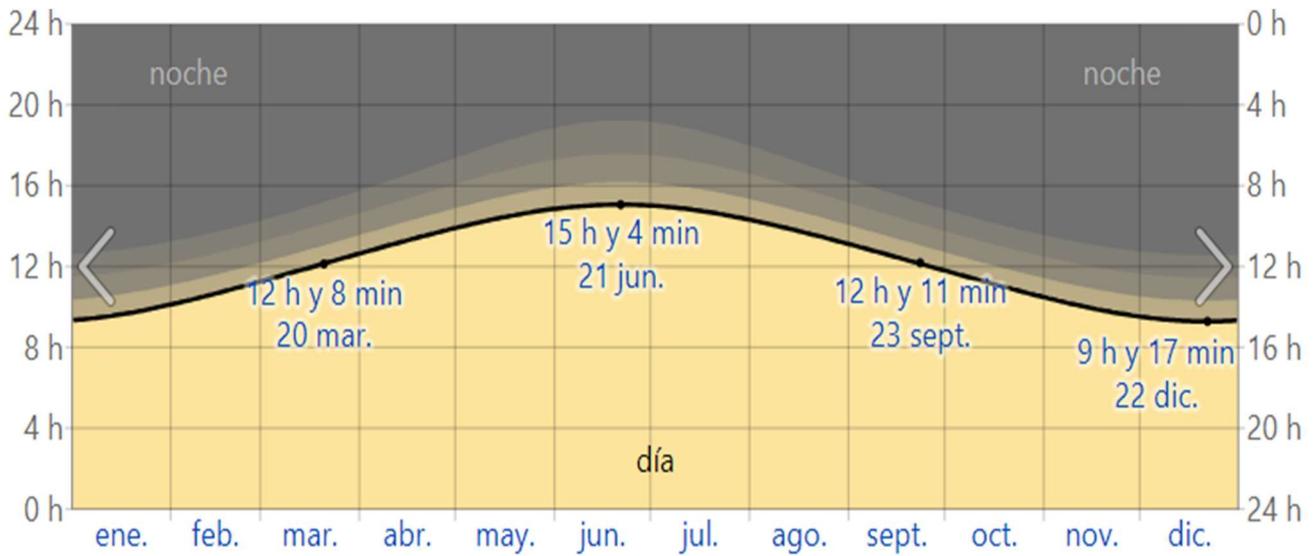
El intervalo diario de temperaturas reportadas (barras grises) y las máximas (marcas rojas) y mínimas (marcas azules) de 24 horas, colocadas arriba del promedio diario de la máxima (línea rojo claro) y de la mínima (línea azul claro), con las bandas de los percentiles 25 a 75 y 10 a 90.

Figura 55. Temperaturas medias en Madrid para el año 2023. Fuente: Weather Spark



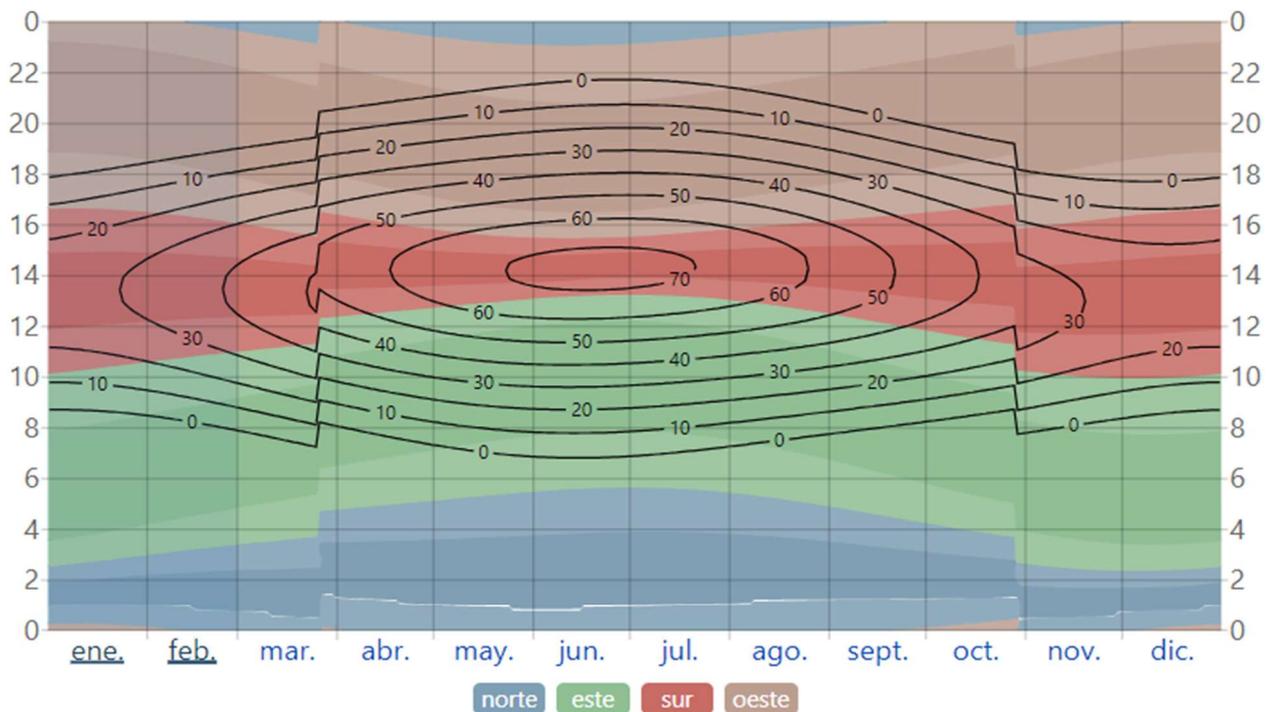
La gama diaria de velocidades del viento reportadas (barras grises), con velocidades máximas de ráfagas (marcas rojas).

Figura 56. Velocidad del viento por meses en 2023 en la Comunidad de Madrid. Fuente: Weather Spark



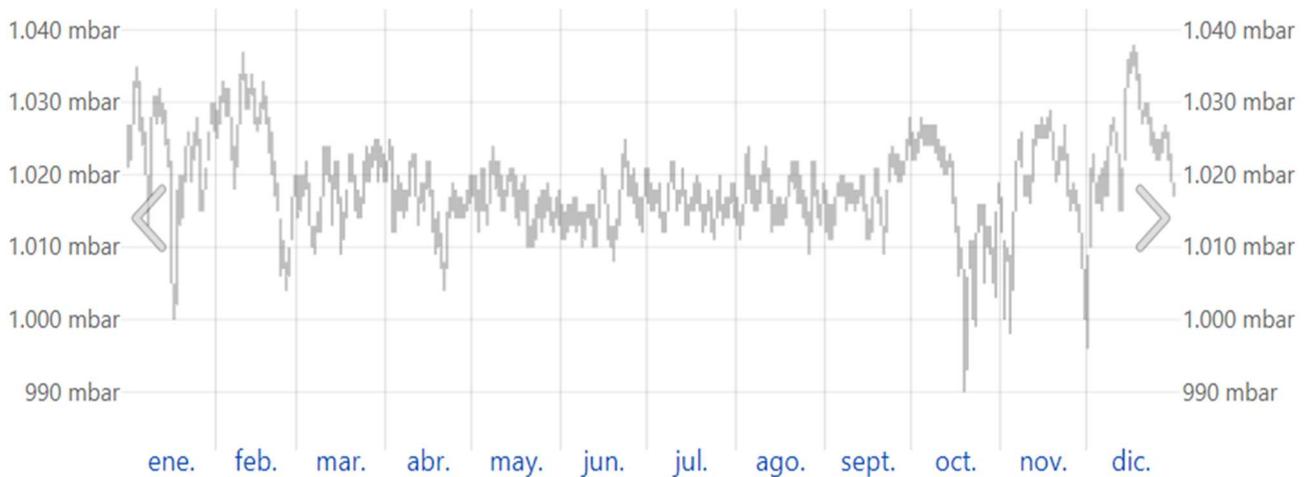
La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total.

Figura 57. Horas de luz natural y crepúsculo en 2023 en Madrid. Fuente: Weather Spark



Elevación solar y acimut durante el año 2023. Las líneas negras son líneas de elevación solar constante (el ángulo del sol sobre el horizonte, en grados). El color de fondo sólido indica el acimut (la orientación en la brújula) del sol. Las áreas de colores claros en los límites de los puntos cardinales de la brújula indican las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

Figura 58. Elevación solar y acimut en 2023 en Madrid. Fuente: Weather Spark



Gama diaria de presiones atmosféricas (barras grises), medida con la configuración del altímetro reportada en p. ej. un informe de METAR.

Figura 59. Presión atmosférica en 2023 en Madrid. Fuente: Weather Spark

3.1.4.3 Irradiación solar

En el capítulo dos de este trabajo, se presentaban los datos de irradiancia global media medidas en la Comunidad de Madrid según el Atlas de Radiación solar en España.

Para conocer en detalle la irradiación que hay en la ubicación de la vivienda, en Los Hueros, y por tanto seleccionar correctamente los elementos de la instalación solar se ha hecho uso de la herramienta *PVGIS*, creado por la Unión Europea y de acceso libre (https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#PVP). Cabe destacar, que este programa nos permite conocer no solo la irradiación en un lugar determinado sino la producción anual de una instalación fotovoltaica que queramos simular. A continuación, se muestran los datos obtenidos para la irradiación mensual sobre un plano fijo en la localización de la vivienda:

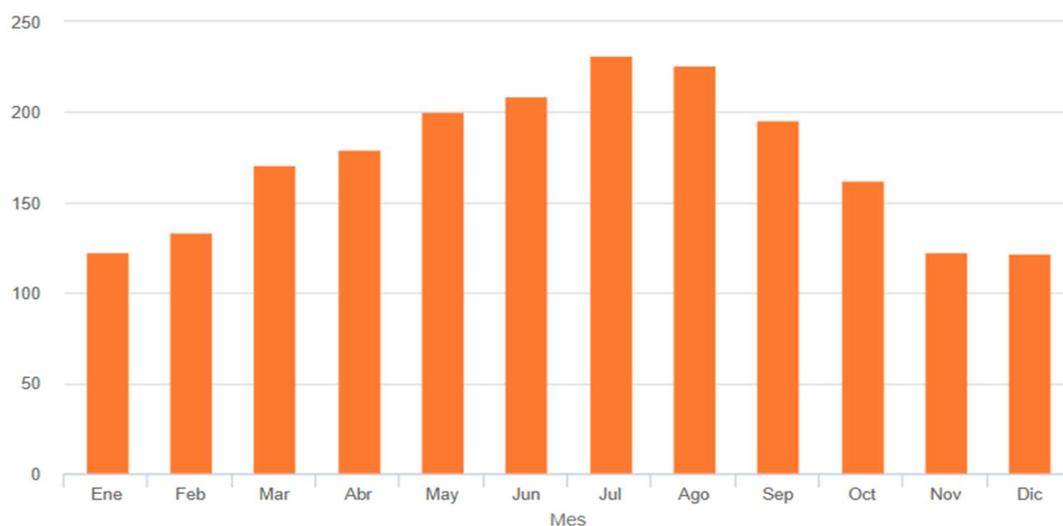


Figura 60. Irradiación mensual sobre un plano en la localización de la vivienda Fuente: PVGIS

Haciendo uso de PVGIS, obtenemos también la irradiación para la localización de la vivienda, en condiciones distintas, para el año 2020 (año más actual que podemos incluir en PVGIS).

- En un plano horizontal (línea roja oscuro).
- En condiciones normales (línea roja).
- En condiciones óptimas de ángulo de irradiación (línea naranja).

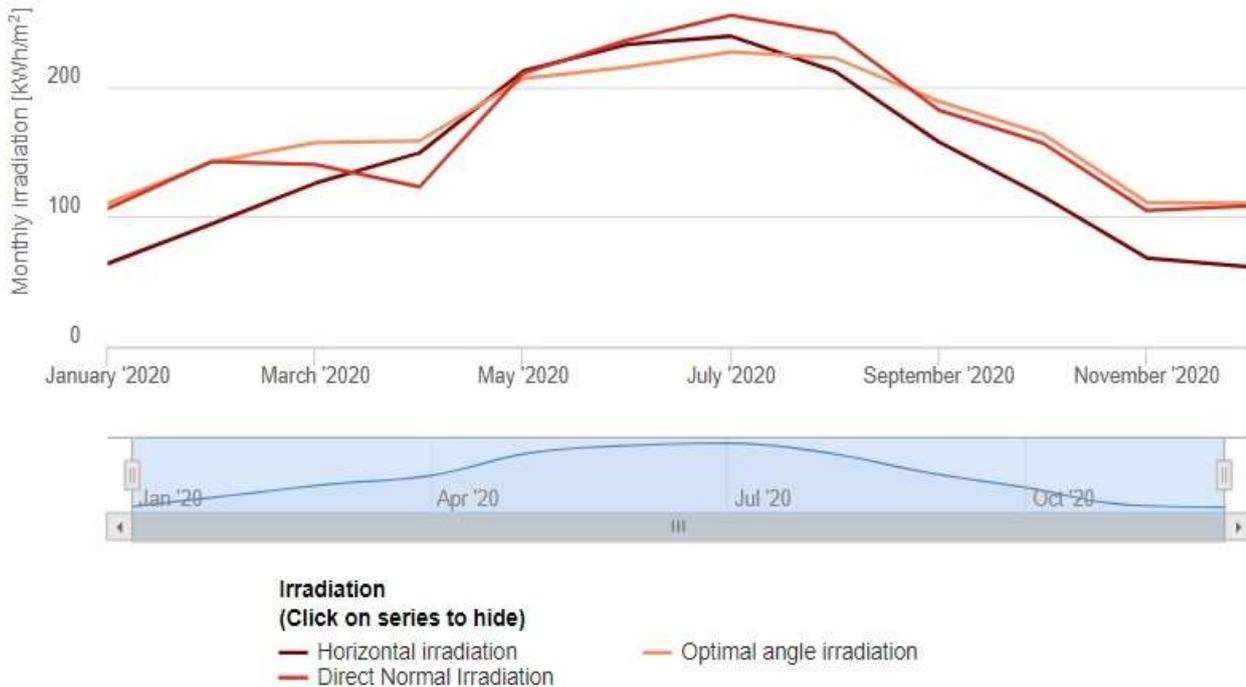


Figura 61. Irradiación solar mensual en la localización de la vivienda Fuente: PVGIS

Los valores detallados de la gráfica anterior se muestran en la siguiente tabla:

Global horizontal irradiation		Direct Normal Irradiation		Global irradiation optimum angle	
Month	2020	Month	2020	Month	2020
January	63.84	January	106.22	January	110.21
February	94.28	February	142.28	February	141.87
March	125.71	March	140.06	March	157.01
April	148.95	April	122.82	April	158.21
May	211.89	May	210.2	May	206.04
June	232.44	June	235.62	June	215.05
July	238.74	July	254.93	July	226.67
August	211.72	August	240.8	August	221.86
September	157.39	September	181.95	September	188.75
October	115.5	October	156.6	October	163.56
November	68.25	November	104.64	November	110.96
December	61.23	December	108.39	December	110.26

Tabla 3. Valores de irradiación solar mensual en la localización de la vivienda Fuente: PVGIS

3.1.4.4 Consumo anual de la vivienda

Una vez obtenidos los datos y características de ubicación, climatología e irradiancia en la ubicación de la vivienda, en este apartado se presenta un estudio del histórico de consumo energético de la misma con el fin de ver los hábitos y características que nos ayudarán a dimensionar la instalación:

Datos técnicos del punto de consumo	
CUPS ES00220000088595	Dirección completa Punto de Suministro VILLALBILLA, MADRID 28810
Tarifa de consumo 2.0TD PEAJE ATR	Discriminación horaria SI
Tipo de instalación Monofásica	Tensión y subtensión Baja 230
Potencia contratada (kW): Potencia contratada Pc1 (periodos punta y llano) 3,60	Potencia máxima autorizada en CIE (kW) 9,20
Potencia contratada Pc2 (periodo valle) 3,60	
Fecha de aprobación del CIE en industria 08/06/2010	Comercializadora contratada actualmente NATURGY IBERIA, S.A.
Equipo de medida instalado 145239894 - SAGEM	

Figura 62. Datos técnicos del punto de consumo. Fuente: UFD

Se ha tenido acceso al histórico de consumos del contador, obteniendo los siguientes datos:

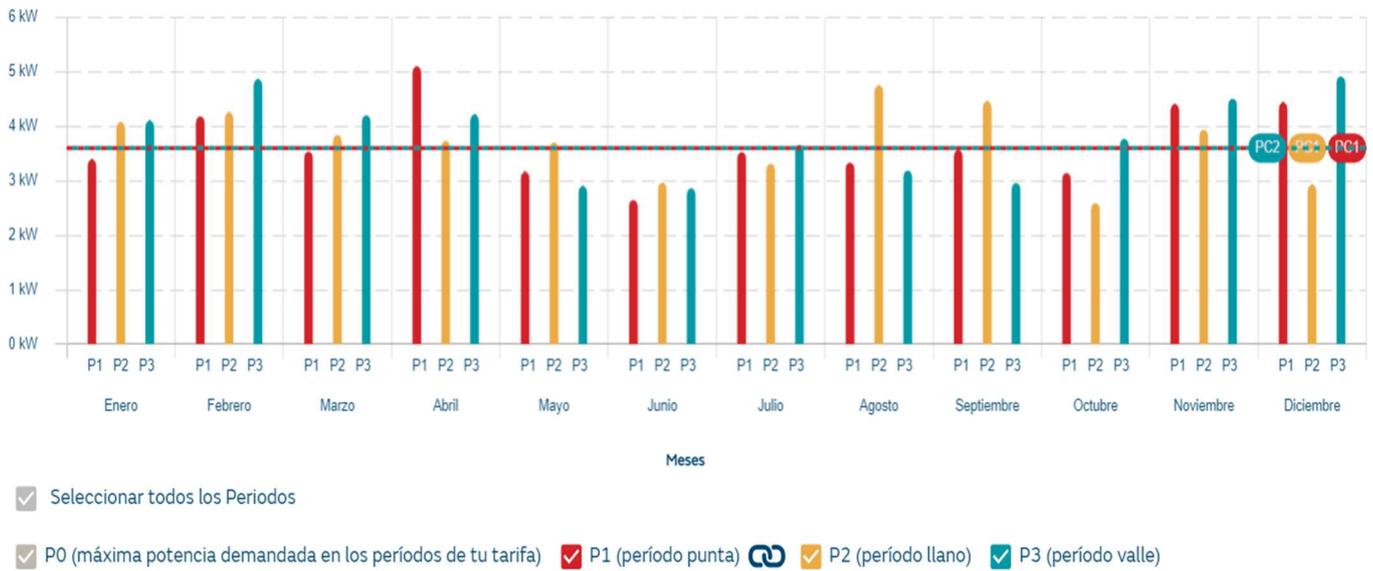


Figura 63. Demanda de potencia anual de la vivienda en punta, valle y llano. Fuente: UFD

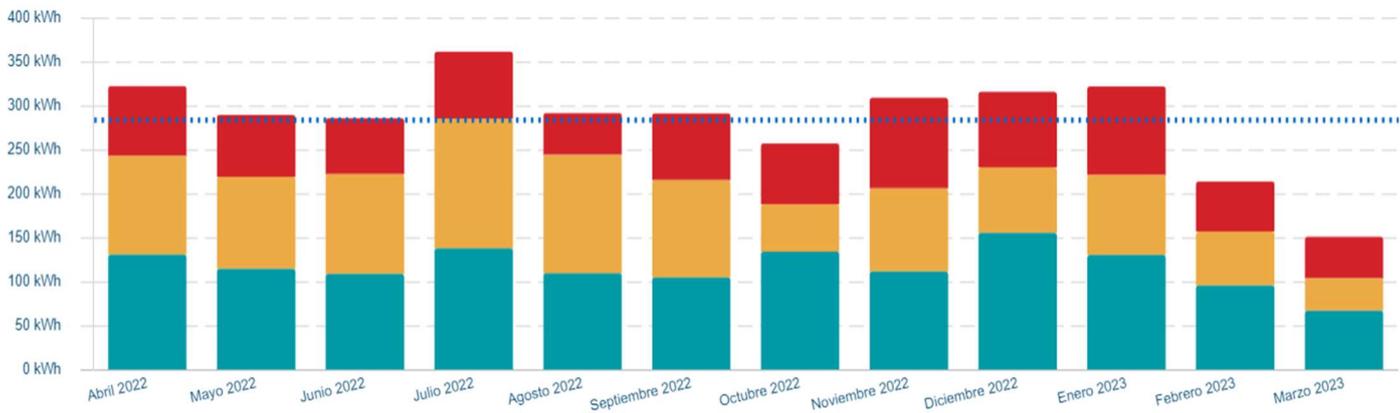


Figura 64. Consumo anual de energía de la vivienda en punta, valle y llano. Fuente: UFD

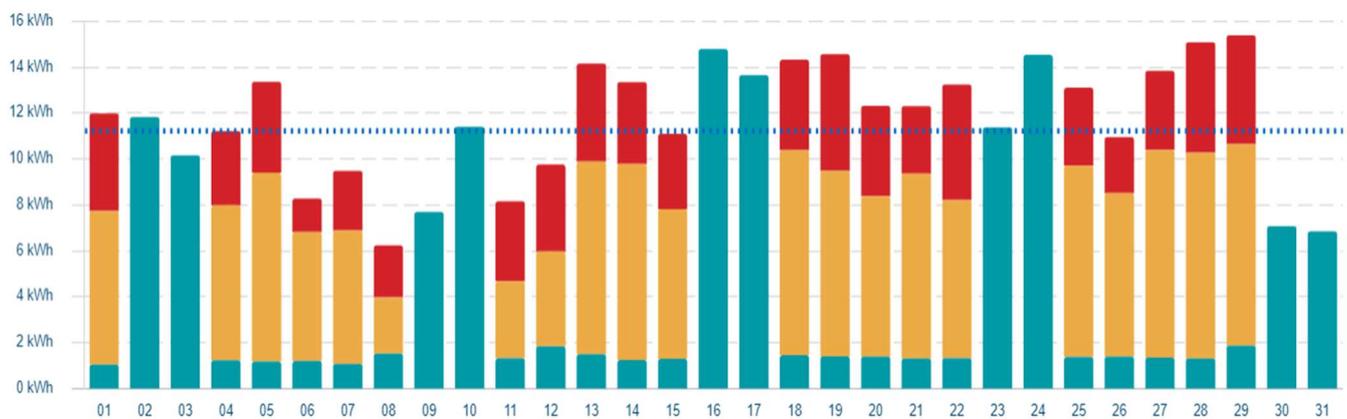


Figura 65. Consumo por días en el mes de más demanda anual (julio). Fuente: UFD

De los datos mostrados anteriormente, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- La vivienda tiene contratada una potencia en punta, valle y llano de 3,6kW con suministro de 230v monofásica.
- El pico más alto de potencia demandada es de 5,1 kW, en abril, según la figura 63. La media de potencia ronda los 4kW.
- El mes de más consumo energético es julio con aproximadamente 360kWh

3.1.4.5 Dimensionado de la instalación

Para dimensionar la instalación solar fotovoltaica de la vivienda se han seguido los criterios establecidos en el Documento Básico DB HE Ahorro de Energía, sección HE5 del Código Técnico de la Edificación. En este documento se establece la aportación mínima de generación eléctrica con fuentes renovables que deben incluirse en edificaciones.

El Documento Básico HE5 se incluyó a la estructura del CTE en 2019 con el objetivo de mejorar la eficiencia energética en edificios.

En su última actualización, el actual HE5 se aplica en los siguientes casos:

- Edificios de nueva construcción de más de 1000m².
- Ampliaciones de edificios existentes cuando la superficie de ampliación sea superior a 1000m².
- Reformas integrales de edificios existentes o cambio de uso de este siempre que la superficie construida supere los 1000m².
- En edificios de nueva construcción no residenciales privados con más de 3000m².
- Ampliaciones de edificios existentes no residenciales privados cuando la superficie de ampliación sea superior a 3000m².
- Reformas integrales de edificios existentes no residenciales privado o cambio de uso de este siempre que la superficie construida supere los 3000m².
- Uso residencial privado

Cabe destacar que la superficie construida a contabilizar incluirá las zonas de aparcamiento del interior del edificio.

En el caso de uso residencial privado y en superficies < 3000m², la potencia mínima a instalar será la menor resultante de las siguientes dos expresiones:

$$P1 = F_{pr;el} \times S$$

$$P2 = 0,1 \times (0,5 \times S_c - S_{oc})$$

Donde:

$F_{pr;el}$ = factor de producción eléctrica. Toma el valor de 0,005 para uso residencial privado y 0,010 para el resto de usos. Se mide en kW/m².

S = superficie construida del edificio en m².

S_c = superficie de cubierta no transitable o accesible únicamente para conservación. Se mide también en m².

S_{oc} = superficie de cubierta no transitable o accesible únicamente para conservación. Pero esta vez se refiere a superficie ocupada por captadores solares térmicos. También se mide en m².

En el caso de edificaciones de más de 3000m², la potencia mínima a instalar no será inferior a 30kW ni superior a los 100kW y seguirá la ecuación:

$$P_{min} = \min (0,01 * S_{CONST}, 0,05 * S_{CUBIERTA})$$

La edificación a estudio en este proyecto es una vivienda unifamiliar, de uso residencial privado, por lo que aplican las ecuaciones del mínimo calculado para P1 y P2 teniendo en cuenta que el factor de producción eléctrica debe ser de 0,005.

Teniendo en cuenta que en esta vivienda:

- Superficie construida = 154,02m² (Tabla 1).
- $F_{pr;el}$ = 0,005 (Documento DB-HE5).
- S_c = 13,87m x 9m = 124,83 (Se anexa plano vivienda).
- S_{oc} = 50,6m² + 21,75m² + 8,09m² = 80,44m². Según los cálculos mostrados en las siguientes figuras (66, 67 y 68).



Figura 66. Superficie de cubierta para paneles en orientación SUROESTE. Fuente: Octopus Energy



Figura 68. Superficie de cubierta para paneles en orientación SURESTE. Fuente: Octopus Energy



Figura 67. Superficie de cubierta para paneles en orientación SUROESTE. Fuente: Octopus Energy

Con todo lo expuesto, podemos concluir que:

$$P1 = F_{pr;el} * S = 0,005 * 154,02m2 = 0,77 kW$$

$$P2 = 0,1 * (0,5 * S_c - S_{oc}) = 0,1 * (0,5 * 124,83m2 - 80,44m2) = 2,22 kW$$

Por tanto, en base a los resultados y siguiendo los criterios del DB – HE5 del CTE, la contribución mínima de renovables que debería tener esta vivienda para cumplir la normativa debería ser de 0,77 kW. Es importante señalar que este valor es el mínimo a cumplir, es decir, es posible instalar potencias superiores.

Junto con el dato obtenido de potencia mínima que nos aporta del DB – HE5, se han procesado los datos de consumo mensual obtenidos del contador de la vivienda durante un año (se adjuntan en anexo), obteniendo que el consumo medio diario por mes de la vivienda sería el siguiente:

Mes	Consumo medio diario (kWh)
Enero	10,398
Febrero	7,649
Marzo	4,869
Abril	10,757
Mayo	9,348
Junio	9,529
Julio	11,667
Agosto	9,412
Septiembre	9,714
Octubre	8,301
Noviembre	10,308
Diciembre	10,195
TOTAL	112,147

Tabla 4. Consumo diario medio por mes de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

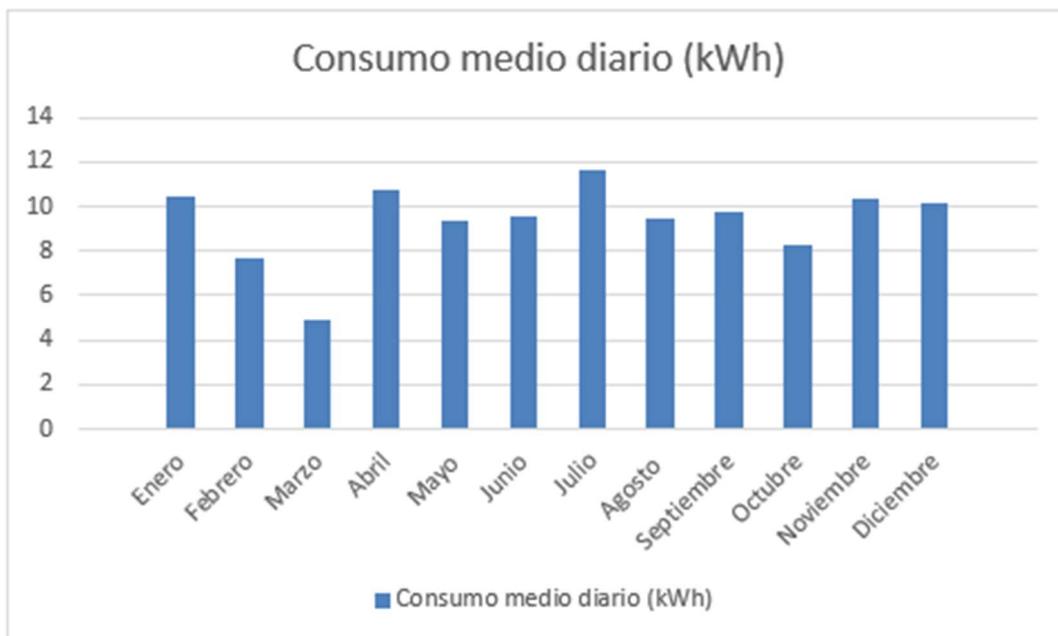


Figura 69. Gráfico de consumo diario medio por mes de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos de potencia mínima a instalar, consumo medio diario y el histórico de consumo mensual en un año de la vivienda (figura 64), se ha simulado con la herramienta *PVGIS* en la localización dada para distintas potencias hasta llegar a una curva de producción mensual que supla la demanda del histórico de la vivienda (figura 64).

Es importante destacar que es España, lugar donde se encuentra la vivienda, y por tanto dentro del hemisferio NORTE, la configuración óptima para la instalación de paneles solares es:

- Panel horizontal
- Acimut 0° (orientación SUR)
- Inclinación del panel entre 30°-35°

En nuestro caso, partimos de una vivienda ya edificada y por tanto tenemos unas condiciones de inclinación y orientación prefijadas en el tejado a las que hay que adaptarse. Las condiciones en la vivienda para la instalación son:

- Inclinación de las aguas del tejado 25°
- Orientación SUROESTE 233° (Acimut = 53° siguiendo el convenio del CTE en el que el SUR marca la referencia de 0°)
- Orientación SURESTE 156° (Acimut = -24° siguiendo el convenio del CTE en el que el SUR marca la referencia de 0°)

Se ha simulado en *PVGIS* para ambas orientaciones del tejado con las siguientes premisas:

- Tecnología del panel: Silicio cristalino.
- Potencia pico kWp= 3,2kW
- Inclinación de 25°
- Suponemos unas pérdidas totales del 14%

Obteniendo los siguientes resultados:

Para la orientación del tejado SUROESTE, la primera curva de producción simulada que cumple con la demanda anual de la vivienda es una configuración de 4kW.

A continuación, se muestra la curva anual de producción simulada junto con los datos más relevantes:

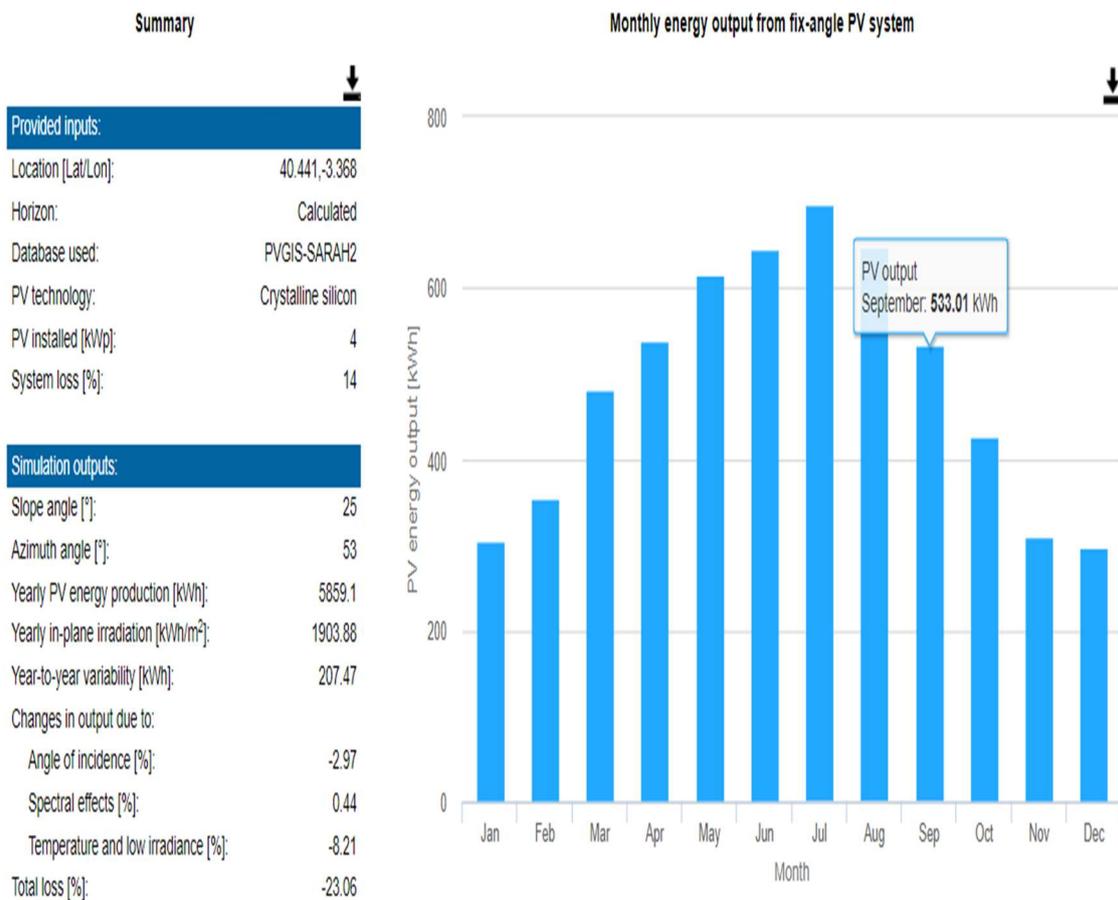


Figura 70. Curva de producción obtenida para potencia pico de 4kW y orientación SUROESTE.
Fuente: PVGIS

Para el caso de la zona del tejado con orientación SURESTE, la primera curva de producción que cubre la demanda anual de la vivienda se consigue con una potencia pico de 3,6kWp. Obviamente, las demás condiciones se han mantenido constantes para poder comparar correctamente.

A continuación, se muestra la curva de producción para estas condiciones:

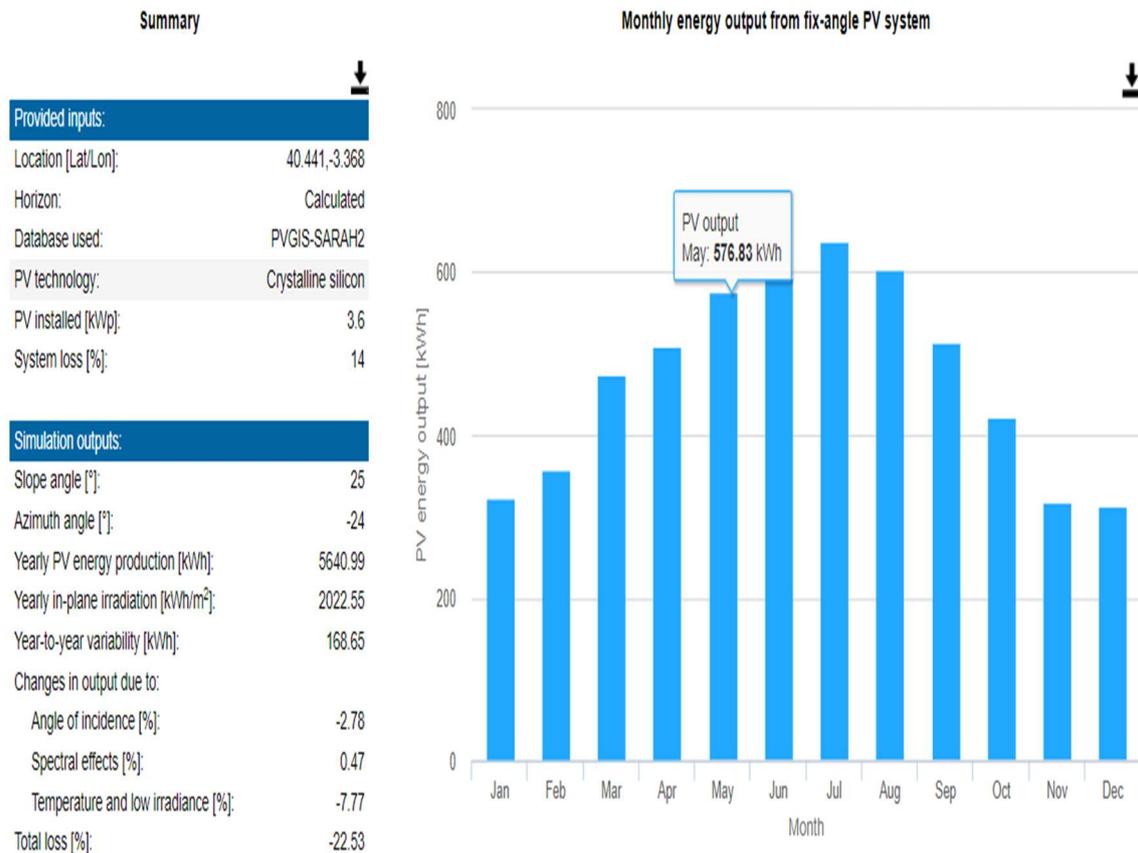


Figura 71. Curva de producción obtenida para potencia pico de 3,6kW y orientación SURESTE.
Fuente: PVGIS

De los resultados obtenidos en las simulaciones, se puede concluir que la orientación SURESTE del tejado es la óptima para realizar la instalación de los módulos solares ya que cubrimos la demanda de la vivienda con menos potencia instalada.

3.1.4.5.1 Selección de los paneles

Con todo el estudio anterior, ya estamos en disposición de configurar la instalación.

Para este proyecto, se han seleccionado paneles solares modelo Vertex S 400W de Trina Solar con una potencia de 400W. Aunque en la actualidad hay paneles de mayor potencia, por encima de 500W, en marcas como Viessman, se han seleccionado estos paneles por sus buenas características de funcionamiento y la garantía que aporta el fabricante en la generación del panel (25 años).

Ya que se ha obtenido en las simulaciones una potencia pico a instalar en la orientación SURESTE de 3,6kW, utilizando este modelo de panel de 400W, se tendrían que montar 9 paneles. Para conseguir una configuración serie paralelo de los paneles más eficiente, sin elevar en exceso la tensión de generación, se va a añadir un panel más por lo que la configuración final se realizará con **10 paneles**.

A continuación, se muestran unas imágenes con las características eléctricas fundamentales de estos módulos:

DATOS ELÉCTRICOS (STC)	TSM-390 DE09.08	TSM-395 DE09.08	TSM-400 DE09.08	TSM-405 DE09.08	TSM-410 DE09.08
Potencia Máxima- P_{MAX} (Wp)*	390	395	400	405	410
Tolerancia de Potencia Nominal- P_{MAX} (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensión en Máxima Potencia- V_{MPP} (V)	33,8	34,0	34,2	34,4	34,6
Corriente en Máxima Potencia- I_{MPP} (A)	11,54	11,62	11,70	11,77	11,85
Tensión de Circuito Abierto- V_{OC} (V)	40,8	41,0	41,2	41,4	41,6
Corriente de Cortocircuito- I_{SC} (A)	12,14	12,21	12,28	12,34	12,40
Eficiencia η_m (%)	20,3	20,5	20,8	21,1	21,3

STC: Irradiancia de 1000W/m², Temperatura de la célula de 25 °C, AML5 *Tolerancia de medida de ±3%

DATOS ELÉCTRICOS (NOCT)	TSM-390 DE09.08	TSM-395 DE09.08	TSM-400 DE09.08	TSM-405 DE09.08	TSM-410 DE09.08
Potencia Máxima- P_{MAX} (Wp)	295	298	302	306	310
Tensión en Máxima Potencia- V_{MPP} (V)	31,8	32,0	32,2	32,5	32,8
Corriente en Máxima Potencia- I_{MPP} (A)	9,26	9,32	9,38	9,41	9,46
Tensión en Circuito Abierto- V_{OC} (V)	38,4	38,6	38,8	38,9	39,1
Corriente de Cortocircuito- I_{SC} (A)	9,78	9,84	9,90	9,95	9,99

NOCT: Irradiancia de 800 W/m², Temperatura ambiente de 20 °C, Velocidad del viento de 1 m/s.

Tabla 5. Características eléctricas del módulo en condiciones STC y NOCT. Fuente: Trina Solar

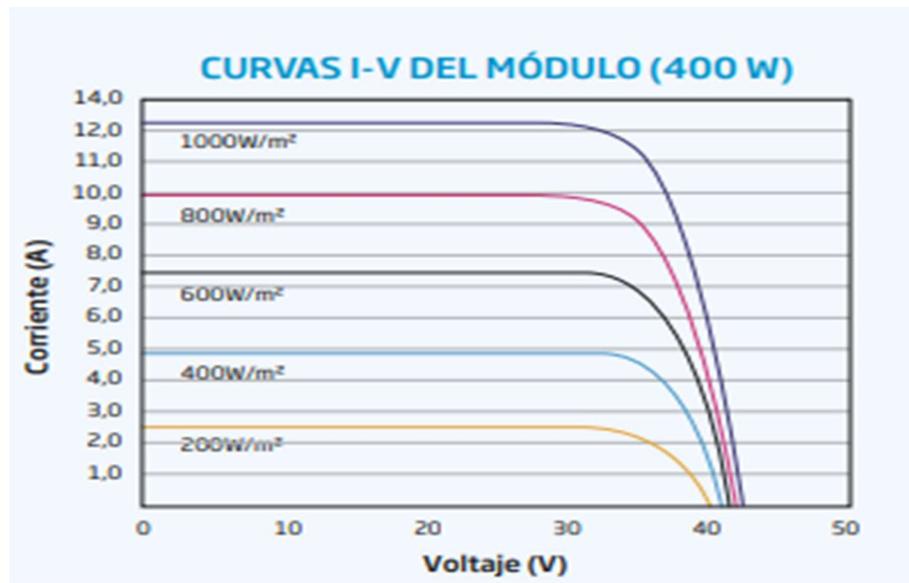


Figura 72. Características eléctricas del módulo en condiciones STC y NOCT. Fuente: Trina Solar

De las características eléctricas de los paneles en STC, obtenemos los siguientes datos fundamentales para el diseño:

- Potencia máxima o pico $W_p = 400W$
- Tensión en máxima potencia $V_{mpp} = 34,2V$
- Corriente en máxima potencia $I_{mpp} = 11,70A$
- Tensión de circuito abierto $V_{oc} = 41,2V$
- Corriente de cortocircuito $I_{sc} = 12,28A$
- Eficiencia = 20,8%

3.1.4.5.2 Estimación de las pérdidas.

En las simulaciones realizadas anteriormente, se estimaron unas pérdidas en la instalación del 14% según el valor que PVGIS toma por defecto. En este apartado se van a estimar y definir esas pérdidas de una forma más exacta para posteriormente realizar nuevamente la simulación.

3.1.4.5.2.1 Pérdidas por suciedad en los módulos

La acumulación de suciedad y polvo en los paneles, colocados en la intemperie, originan unas pérdidas de producción al no poder funcionar en condiciones óptimas. Estas pérdidas se estiman en un 2%

$$Pérdidas_{suciedad} = 2\%$$

3.1.4.5.2.2 Pérdidas por sombras

En el caso de esta instalación, los paneles estarán dispuestos siguiendo la armonía de la cubierta de la casa por lo que no se realizan cálculos de estructuras inclinadas ni hay posibles sombras entre ellos por su disposición. No obstante, ante el caso de posibles sombras ambientales, se estima una pérdida por sombra del 0,5%.

$$Pérdidas_{sombra} = 0,5\%$$

3.1.4.5.2.3 Pérdidas por utilización

Los módulos fotovoltaicos se van degradando con el paso del tiempo. Según los datos aportados por el fabricante del panel elegido, se garantiza una degradación máxima del 2% en el primer año de vida y una tasa de degradación de 0,55% anual máxima del año 2 al 25.

Realizando la media de esos valores, nos sale una degradación media de 0,608 por año teniendo en cuenta una vida útil de 25 años. Aproximando el valor, tendremos por tanto que:

$$Pérdidas_{utilización} = 0,61\%$$

3.1.4.5.2.4 Pérdidas eléctricas

Se estiman unas pérdidas eléctricas por malos contactos, estado de la instalación, etc. del 3%.

$$Pérdidas_{eléctricas} = 3\%$$

3.1.4.5.2.5 Pérdidas por temperatura

Con el aumento de temperatura, los módulos fotovoltaicos pierden eficiencia y su producción se limita.

Según los datos de la hoja de características del panel elegido, la temperatura de operación del módulo va de -40° a + 85° y tiene los siguientes coeficientes de temperatura:

TASAS DE TEMPERATURA

NOCT (Temperatura de Operación Nominal de la Célula)	43 °C (±2 K)
Coefficiente de Temperatura de P _{MAX}	-0,34 %/K
Coefficiente de Temperatura de V _{OC}	-0,25 %/K
Coefficiente de Temperatura de I _{SC}	0,04 %/K

Figura 73. Coeficientes de temperatura del módulo solar seleccionado. Fuente: Trina Solar

Según se comentó en el apartado 3.1.3.1.1 de este trabajo, el cálculo de las temperaturas de operación de los módulos en las condiciones más desfavorables se puede calcular como:

$$T_{frio} = T_{a,fria} + \frac{NOTC - 20}{800} \cdot I_{rr,fria}$$
$$T_{calor} = T_{a,cálida} + \frac{NOTC - 20}{800} \cdot I_{rr,cálida}$$

Se puede argumentar que:

$$P_T = K_T * (T_C - 25)$$
$$T_C = T_{amb} + \frac{(T_{ONC} - 20) * E}{800}$$

Donde:

K_T : Coeficiente de temperatura (1/°C)

T_C : Temperatura media mensual de funcionamiento del módulo

T_{amb} : Temperatura ambiente

T_{ONC} : Temperatura de trabajo nominal de la célula fotovoltaica

E : Radiación media de un día soleado

De los datos mostrados en la figura 55 de este trabajo se ha obtenido que los extremos de temperatura anual en Madrid fueron de 40°C y -6°C respectivamente. Tomando la temperatura ambiente como 25°C, el coeficiente de temperatura del panel, según su hoja de datos, como 0,34%/K, la temperatura nominal de la célula como 43 grados según su datasheet y la irradiancia media en Madrid como 468wh/m2 (AEMET, 2021) se obtiene que:

$$T_C = T_{amb} + \frac{(T_{ONC}-20)*E}{800} = 25^{\circ}C + \frac{(43^{\circ}C-20)*468}{800} = 38,45$$

$$P_T = K_T * (T_C - 25) = 0,34 * (38,45 - 25) = 4,57\%$$

Con el valor de las pérdidas por temperatura en el panel, se pueden calcular las pérdidas totales del módulo como:

$$Pérdidas_{tot} = Pérdidas_{suciedad} + Pérdidas_{sombra} + Pérdidas_{utilización} + Pérdidas_{eléctricas} + P_T$$

$$Pérdidas_{tot} = 2\% + 0,5\% + 0,61\% + 3\% + 4,57\% = 10,68\%$$

El rendimiento de la instalación, si incluimos el 5% habitual de pérdida en el inversor sería:

$$Rendimiento_{instalación} = 100\% - 10,68\% - 5\% = 84,32\%$$

Realizando de nuevo la simulación en PVGIS para la orientación SURESTE con unas pérdidas del 11% y nuestra configuración final de 10 paneles se obtienen los siguientes resultados finales:

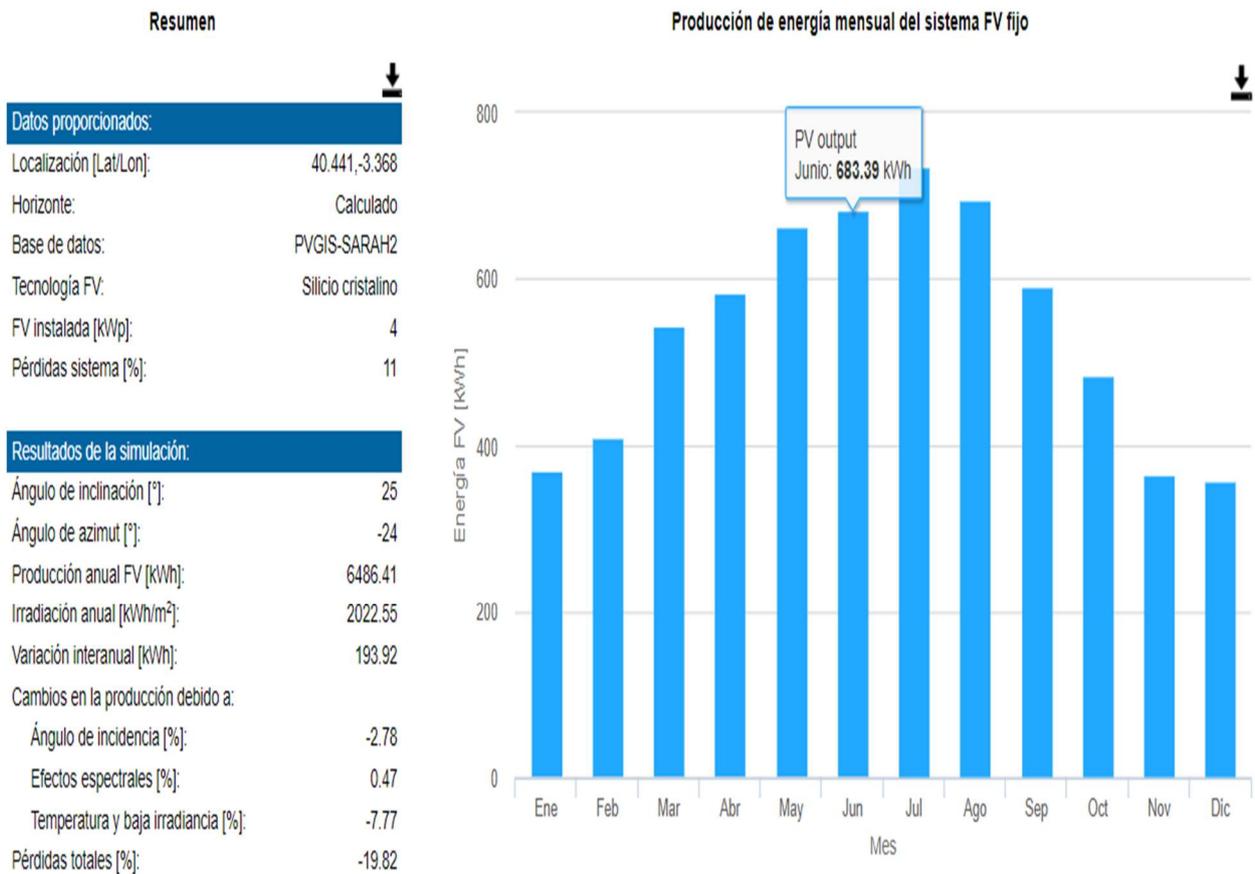


Figura 74. Curva de producción final para 4kW, orientación SURESTE y 11% de pérdidas. Fuente: PVGIS

3.1.4.5.3 Energía anual y diaria producida.

De los datos de la simulación comentados anteriormente y que se adjuntan en el anexo técnico, se obtiene que la producción anual de la instalación fotovoltaica sería de 6486,41 kWh.

La energía diaria producida vendría determinada por la expresión:

$$E_{FV \text{ diaria}} = N^{\circ} \text{módulos} * HSP * P_P$$

Donde:

$E_{FV\text{ diaria}}$: Energía fotovoltaica diaria producida

$N^{\circ}_{\text{módulos}}$: N° de módulos solares de la instalación

HSP : Horas solares pico de la ubicación

P_p : Potencia pico de los paneles

Teniendo en cuenta las HSP en la Comunidad de Madrid que se muestran a continuación.

HORAS DE SOL PICO EN LA COMUNIDAD DE MADRID	
MES	HSP (kWh/m2)
Enero	2,27
Febrero	3,25
Marzo	4,65
Abril	5,75
Mayo	6,60
Junio	7,74
Julio	8,04
Agosto	7,00
Septiembre	5,47
Octubre	3,56
Noviembre	2,43
Diciembre	1,87

Tabla 6. Horas solares pico anuales en la Comunidad de Madrid en kWh/m2. Fuente: AEMET

A continuación, se presenta una tabla con la energía producida por la instalación:

	Nº Módulos	Potencia pico del módulo(W)	Rendimiento de la instalación (%)	HSP	Energía total producida / día (kWh/día)
Enero	10	400	84,32	2,27	7,66
Febrero	10	400	84,32	3,25	10,96
Marzo	10	400	84,32	4,65	15,68
Abril	10	400	84,32	5,75	19,39
Mayo	10	400	84,32	6,60	22,26
Junio	10	400	84,32	7,74	26,11
Julio	10	400	84,32	8,04	27,12
Agosto	10	400	84,32	7,00	23,61
Septiembre	10	400	84,32	5,47	18,45
Octubre	10	400	84,32	3,56	12,01
Noviembre	10	400	84,32	2,43	8,20
Diciembre	10	400	84,32	1,87	6,31

Tabla 7. Energía producida por la instalación propuesta. Fuente: Elaboración propia

3.1.4.5.4 Soporte de la instalación y distribución de paneles

La distribución de los paneles será en horizontal, manteniendo la armonía de la cubierta con su inclinación propia de 25°.

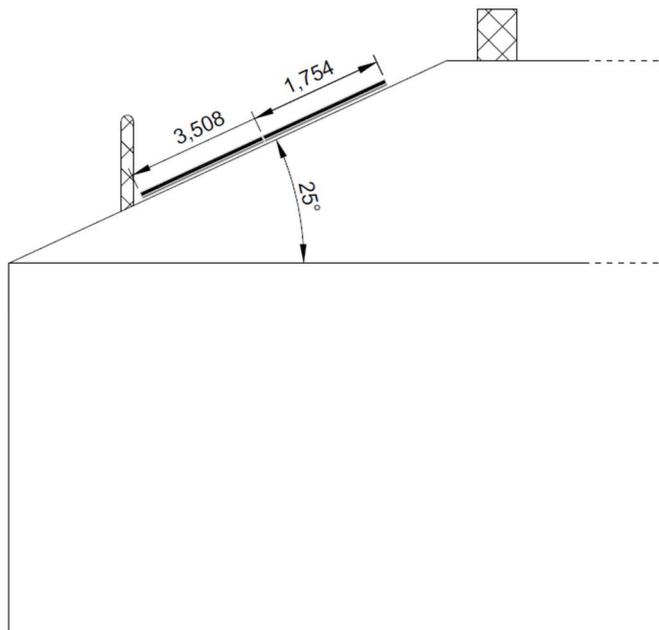


Figura 75. Espacio en cubierta e inclinación de los módulos solares. Fuente: Elaboración propia.

La estructura de soporte será específica para montaje en cubierta con varilla autorroscante de tipo M10 x 200 mm y guía de aluminio. Los sistemas de fijación utilizados son de *k2-Systems* empleando sistema de anclaje *SolidRail* el cual es apropiado para prácticamente todas las cubiertas.

Las guías de aluminio a utilizar tienen las siguientes características:

- Longitud: 2,25 m
- Ancho: 39 mm
- Alto: 37 mm
- Peso unidad: 1,763 kg las de 2,25 m

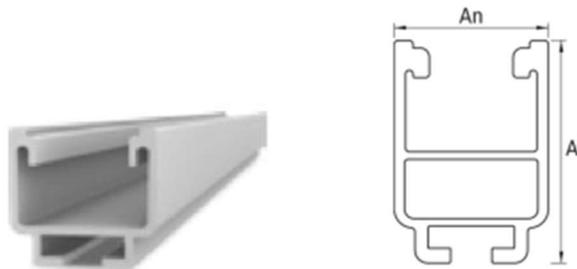


Figura 76. Guías de aluminio del soporte. Fuente: k2-systems

Las varillas autorroscantes se muestran a continuación:



- Longitud: 30 mm
- Ancho: 80 mm
- Alto: 200 mm
- Peso unidad: 0,19 kg

Figura 77. Varillas autorroscantes. Fuente: k2-systems

El sistema de anclaje completo junto con la colocación del panel fotovoltaico se muestra en la siguiente imagen:



Figura 78. Soporte completo del panel. Fuente: k2-systems

La disposición de los 10 paneles se realizará en la orientación SURESTE de la vivienda de la siguiente forma:

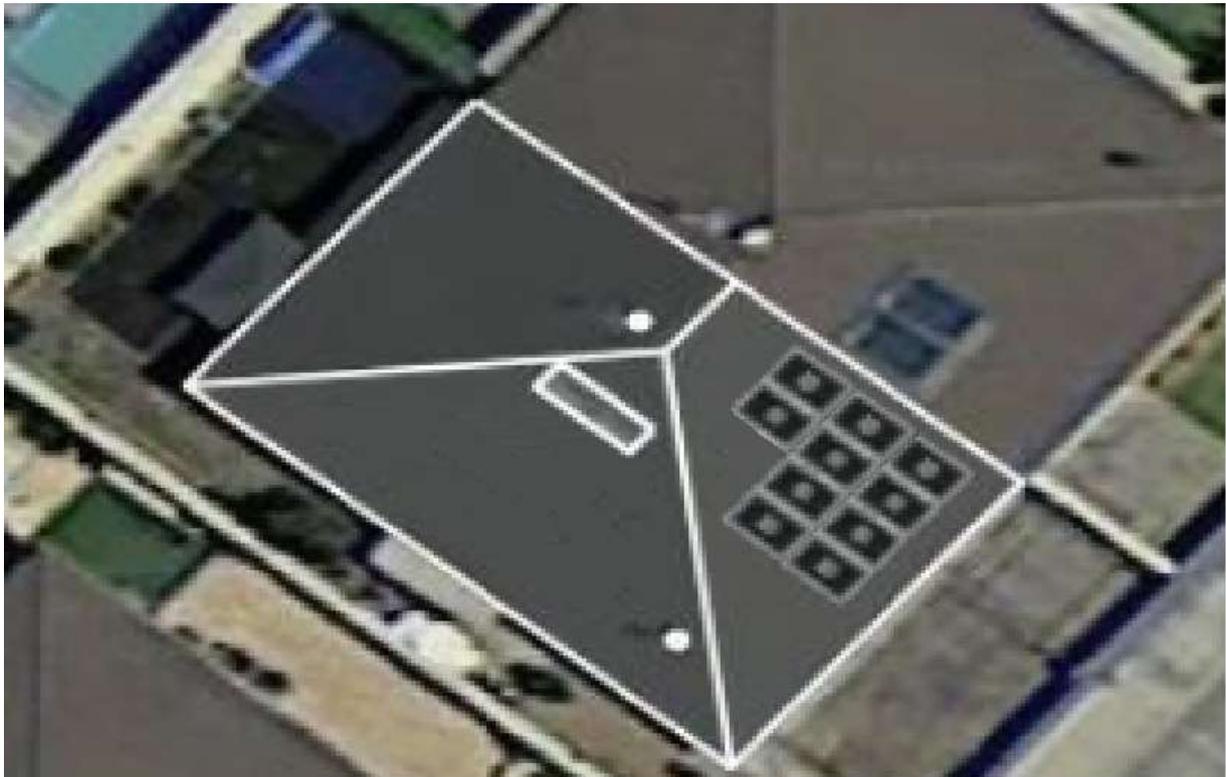


Figura 79. Disposición de los paneles en cubierta SURESTE. Fuente: Elaboración propia.

3.1.4.5.5 Dimensionado y selección de la batería

Según el modelo de paneles solares seleccionados, estos tienen una tensión nominal de funcionamiento en STC de 34,2V. Para conseguir un buen ratio de eficiencia en la instalación y no elevar la tensión en exceso (muy baja tensión de seguridad) se ha realizado una disposición de dos paneles en serie con el resto en paralelo, es decir, se colocarán 2 paneles en serie con 5 líneas en paralelo.

Con esta configuración se consigue una tensión de funcionamiento de:

$$\text{Tensión de funcionamiento} = 2 \text{ paneles serie} * V_{mp} = 2 * 34,2V = 68,4V$$

Normalmente, en función de la potencia de la vivienda, se utilizan las siguientes tensiones de funcionamiento como orientación:

TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	
Potencia demandada por el sistema (W)	Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (V)
Menos de 1500W	12V
Entre 1500W y 5000W	24 - 48V
Más de 5000W	120 - 300V

Figura 80. Tensión de funcionamiento según la potencia demandada. Fuente: (Cantalapiedra, 2024)

En el caso de la presente instalación, según el estudio de consumo que se realizó previamente, se trabaja con medias de potencia de 4kW aproximadamente.

A continuación, se realiza el cálculo de la capacidad de la batería. Se supondrá que la autonomía a considerar para la misma ha de ser de 2 días con una profundidad de descarga total del 80% y una profundidad de descarga diaria del 25% para prolongar la vida de la batería.

Se elegirán baterías estacionarias OPzS ya que permiten una profundidad de descarga del 60% al 80% y se impondrá un criterio para la corriente de descarga menor a 60A.

La capacidad máxima y diaria de la batería para cumplir las condiciones comentadas será:

$$C(Ah) = \frac{1,1 * N_{días} * E}{P_{descarga\ máx} * V_{batería}} \frac{(Wh/día)}{V}$$

$$C(Ah) = \frac{1,1 * E}{P_{descarga\ diaria} * V_{batería}} \frac{(Wh/día)}{V}$$

Siendo:

$C(Ah)$: Capacidad de la batería en Amperios – hora.

$N_{días}$: Número de días de autonomía de la batería.

E : Consumo eléctrico en Wh para el número de módulos seleccionado.

$P_{descarga\ máx}$: Profundidad de descarga para la autonomía elegida.

$P_{descarga\ diaria}$: Profundidad de descarga diaria elegida.

$V_{batería}$: Tensión de la batería (12V, 24V, 48V).

El valor del consumo eléctrico (E) a utilizar en estas ecuaciones será el del mes más desfavorable desde el punto de vista de consumo para que la batería pueda suplir una eventual pérdida de suministro en ese momento. De las figuras 64 y 65 se obtiene que el peor mes en cuanto a demanda es julio, con un consumo medio diario de 11,667 kWh.

Con las premisas anteriores se obtiene:

$$C(Ah) = \frac{1,1 * N_{días} * E}{P_{descarga\ máx} * V_{batería}} = \frac{1,1 * 2 * 11667Wh}{0,8 * 48V} = 668,42 Ah$$

$$C(Ah) = \frac{1,1 * E}{P_{descarga\ diaria} * V_{batería}} = \frac{1,1 * 11667Wh}{0,25 * 48V} = 1069,47 Ah$$

Con estos datos ya se podrían seleccionar las baterías. En las fichas técnicas de baterías se dan los modelos con diferentes tipos de capacidades de descarga C_{50} , C_{24} , etc. El subíndice de este parámetro indica la capacidad de descarga de la batería seleccionada a las 50 horas, a las 24 horas, etc.

Con los datos obtenidos anteriormente se selecciona de la ficha técnica del fabricante aquella batería que cumpla las condiciones de descarga obtenida para 24 horas ya que es la mayor, es decir, aquella en la que $C_{24} > 1069,47$ A.

Para este trabajo se han seleccionado baterías OPzS Sun Power VL 2-1370 del fabricante HOPPECKE. Se adjunta la información de las baterías en el anexo técnico de este trabajo.

La tensión nominal de las baterías seleccionadas es de 2V por lo que para la instalación en estudio se necesitarán 24 baterías VL 2-1370 en serie para conseguir la tensión de 48V en el banco de baterías.

A continuación, se muestra una imagen de este tipo de baterías:

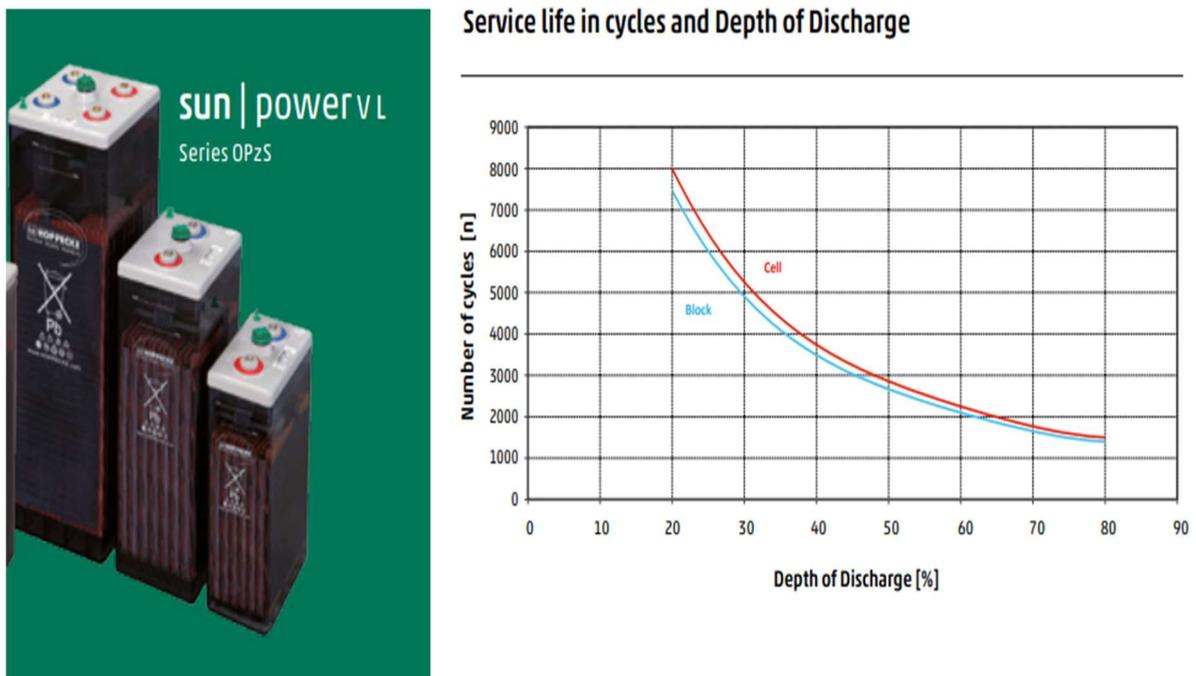


Figura 81. Baterías sun power VL series OPzS. Fuente: Hoppecke

3.1.4.5.6 Dimensionado y selección del regulador de carga

Para dimensionar el regulador de carga de la instalación, se debe de tener en cuenta la tensión e intensidad máxima requerida por los módulos solares de la configuración.

Los parámetros necesarios para caracterizar el regulador a seleccionar vendrán determinados por las siguientes expresiones:

$$V_{\text{regulador máx}} = 1,25 * V_{oc \text{ generador}} = 1,25 * V_{oc \text{ panel}} * N_{\text{paneles en serie}}$$

$$I_{\text{regulador máx}} = 1,25 * I_{sc \text{ generador}} = 1,25 * I_{sc \text{ panel}} * N_{\text{paneles en paralelo}}$$

Por tanto, en base a todos los datos expuestos del panel y configuración final:

$$V_{\text{regulador máx}} \geq 1,25 * V_{oc \text{ panel}} * N_{\text{paneles en serie}} = 1,25 * 41,2V * 2 = 103V$$

$$I_{\text{regulador máx}} \geq 1,25 * I_{sc \text{ panel}} * N_{\text{paneles en paralelo}} = 1,25 * 12,28A * 5 = 76,75A$$

Para el diseño de esta instalación se va a seleccionar un regulador de carga MPPT 150/85 del fabricante Victron Energy. A continuación, se muestra una imagen de este dispositivo y se incluyen sus características en el anexo técnico de este trabajo:



Figura 82. Regulador de carga MPPT 150/85. Fuente: Victron Energy

3.1.4.5.7 Dimensionado y selección del inversor

La selección del inversor y su potencia depende de la potencia máxima de consumo que se va a demandar en la instalación.

En el apartado 3.1.4.4 de este trabajo, relativo al estudio del consumo anual de la vivienda, se concluyó que el pico de potencia máxima demandado era de 5,1kW.

Según este dato:

$$Potencia_{inversor} (kW) \geq Potencia_{carga\ punta\ de\ consumo} (kW)$$

Por tanto:

$$Potencia_{inversor} (kW) \geq 5,1kW$$

Para este diseño se ha seleccionado un inversor Smart 48/6000 del fabricante Victron Energy. Se trata de un inversor con potencia de salida hasta 5300W por lo que se tiene posibilidad de cubrir posibles picos de demanda por encima del 5,1kW citado anteriormente.

A continuación, se muestra una imagen del inversor seleccionado y se incluye su hoja de datos en el anexo técnico:



Figura 83. Inversor RS Smart Solar 48/6000. Fuente: Victron Energy

3.1.4.5.8 Cableado y protecciones

El dimensionado de cables y protecciones de la instalación solar debe hacer siguiendo las normas establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC).

Haciendo un pequeño resumen de la instalación diseñada, tenemos los siguientes componentes a interconectar:

- **Módulos solares:** 10 módulos a conectar con una configuración de dos en serie y 5 líneas en paralelo. La salida de los módulos irá al inversor mediante las correspondientes protecciones y sección de cable adecuada.
- **Inversor:** El inversor estará interconectado con los módulos solares, la batería y la red de suministro de la vivienda mediante las protecciones necesarias y sección de cable necesaria.
- **Batería:** Conectada al inversor con las mismas premisas que los apartados anteriores.

El diagrama de bloques de interconexión se puede observar en la siguiente figura:

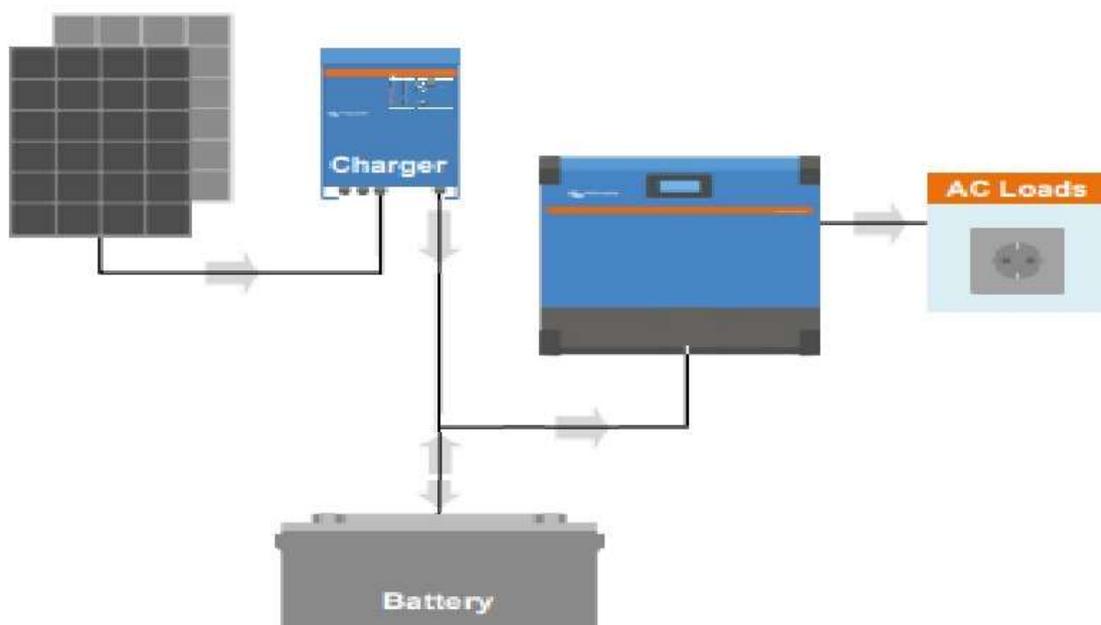


Figura 84. Esquema de conexión de la instalación solar. Fuente: Victron Energy

Según la ITC-BT-19 del REBT la selección de la sección de conductores y su número, viene determinado por la siguiente tabla y condiciones:

Intensidades admisibles (A) al aire 40°C													
Nº DE CONDUCTORES CON CARGA Y NATURALEZA DEL AISLAMIENTO ITC-BT-19													
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial y empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR				
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
E		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3D					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
F		Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D						3x PVC			3x XLPE o EPR		
G		Cables unipolares separados mínimo D								3x PVC	3x XLPE o EPR		
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	205
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821

Figura 85. Sección de conductores según condiciones de montaje e intensidad. Fuente: REBT

A la hora de diseñar los conductores se deberá tener en cuenta también la ITC-BT-40 que indica que el dimensionado de cables deberá ser apto para una intensidad no menor al 125% de su intensidad máxima y una caída de tensión inferior al 1,5%.

3.1.4.5.8.1 Sección y protección del cableado de los módulos solares

Los 10 módulos solares están conectados en una configuración de dos paneles en serie y 5 líneas en paralelo. Para calcular la sección de cable necesaria, se debe calcular la corriente máxima que puede llegar a circular por el cable, que será el caso en el que los paneles están en corriente de cortocircuito I_{sc} .

Para calcular la corriente en el caso más desfavorable, se utiliza la expresión:

$$I_{cc \text{ total paneles}} = I_{sc} * N_p$$

Donde:

$I_{cc \text{ total paneles}}$: Intensidad de cortocircuito de la instalación de generación (A)

I_{sc} : Intensidad de cortocircuito del panel (A)

N_p : Número de líneas de paneles en paralelo

Por lo tanto:

$$I_{cc \text{ total paneles serie}} = I_{sc} * N_p = 12,28A * 1 = 12,28A$$

$$I_{cc \text{ total paneles paralelo}} = I_{sc} * N_p = 12,28A * 5 = 61,4A$$

Siguiendo lo establecido en la norma ITC-BT-40:

$$I_{cc \text{ total paneles serie}} = 12,28 * 1,25 = 15,35A$$

$$I_{cc \text{ total paneles paralelo}} = 61,4 * 1,25 = 76,75A$$

Por tanto, la intensidad máxima que circulará por cada línea serie del montaje podría ser de 15,35A y la suma total de intensidades de la instalación podrá llegar a 76,75A.

De la tabla 81 mostrada anteriormente (ITC-BT-19), para cables con conductores de cobre aislados en tubos en montaje superficial XLPE o XPR, la sección con intensidad inmediatamente superior a la obtenida para los resultados anteriores es:

- Cable de sección 1,5 mm² para interconectar los paneles en serie.
- Cable de sección 16mm² desde la salida general de los paneles al regulador de carga.

Ambas líneas se protegerán mediante fusibles. Según la norma UNE 20460-4-46, la intensidad nominal del fusible (I_N) será mayor, o igual, a la intensidad prevista de la línea que protege.

Además, se deberá cumplir que el valor de la intensidad máxima admisible en los cables multiplicada por 0,906 será mayor o igual a la intensidad nominal del fusible.

Según lo expuesto, para las líneas de los paneles tendremos:

$$I_{prevista} \leq I_N / 0,906 \leq I_{m\acute{a}x \text{ admisible cable}}$$

Para el caso de las conexiones en serie de los paneles, teniendo en cuenta los calibres comerciales de fusibles:

$$12,28A \leq \frac{16A}{0,906} \leq 18A \rightarrow 12,28A \leq 17,66A \leq 18A$$

Se añadirá por tanto fusible de 16A en las líneas serie de los paneles.

En el caso de la salida general de los módulos, teniendo en cuenta los calibres comerciales de fusibles:

$$61,4A \leq \frac{63A}{0,906} \leq 80A \rightarrow 61,4A \leq 69,53A \leq 80A$$

Se añadirá por tanto un fusible de 63A para proteger la línea.

3.1.4.5.8.2 Dimensionado y protección de la línea del regulador

El regulador de cargas tiene una corriente nominal de 85A según sus características. Siguiendo lo establecido en la norma ITC-BT-40, la corriente máxima que deberá soportar el cable será:

$$I_{regulador} = 85A * 1,25 = 106,25A$$

De la tabla de la figura 85, seleccionando la sección de cable necesaria para esa intensidad, se obtiene un cable de sección 35mm².

La línea se protegerá con un fusible según la expresión utilizada anteriormente y teniendo en cuenta los calibres normalizados para los fusibles:

$$I_{prevista} \leq I_N/0,906 \leq I_{m\acute{a}x\ admissible\ cable}$$

$$85A \leq \frac{100A}{0,906} \leq 131A \rightarrow 85A \leq 110,37A \leq 131A$$

Se instalará por tanto un fusible de 100A para proteger la línea de salida del regulador.

3.1.4.5.8.3 Dimensionado y protección de la línea batería-inversor

Se comprueba previamente qué corriente máxima va a pasar por el cable mediante la siguiente expresión:

$$I_{acu,recep} = I_{acu,inversor} \geq 1,25 * I_{m\acute{a}x\ inversor} \geq 1,25 * \frac{P_{inversor}}{(V_{\min Tacu} * \zeta_{inv})}$$

Siendo:

$I_{acu,recep}$: Intensidad de cortocircuito del receptor (A)

$I_{acu,inversor}$: Intensidad de cortocircuito del inversor (A)

$I_{m\acute{a}x,inversor}$: Intensidad máxima de cortocircuito (A)

$P_{inversor}$: Potencia del inversor (W)

$V_{\min Tacu}$: Tensión de entrada (V)

ζ_{inv} : Rendimiento del inversor (%)

Por tanto:

$$I_{acu,recep} = I_{acu,inversor} \geq 1,25 * \frac{5300}{48 * 0,94} = 117,46A$$

Siguiendo lo establecido en la norma ITC-BT-40, la corriente máxima que deberá soportar el cable será:

$$I_{acu,inversor} = 117,46A * 1,25 = 146,82A$$

De la tabla de la figura 85 (ITC-BT-19) seleccionando la sección de cable necesaria para esa intensidad, se obtiene un cable de sección 50mm².

La línea se protegerá con un fusible según la expresión utilizada anteriormente y teniendo en cuenta los calibres normalizados para los fusibles:

$$I_{prevista} \leq I_N/0,906 \leq I_{m\acute{a}x \text{ admisible cable}}$$

$$117,46A \leq \frac{125A}{0,906} \leq 159A \rightarrow 117,46A \leq 137,96A \leq 159A$$

Se instalará por tanto un fusible de 125A para proteger la línea.

3.1.4.5.8.4 Dimensionado y protección de la línea inversor-cargas

Es este caso, se comprueba la corriente máxima que podrá pasar por los conductores mediante la expresión:

$$I_{inversor-ca} = \frac{P_{inversor(VA)}}{V_{salida \ inversor(V)}}$$

Siendo:

$I_{inversor-car}$: Intensidad de corriente de la línea (A)

$P_{inversor}$: Potencia del inversor en alterna (VA)

$V_{salida \ del \ inversor}$: Tensión de salida del inversor (V)

Por tanto:

$$I_{inversor-carga} = \frac{P_{inversor(VA)}}{V_{salida \ inversor(V)}} = \frac{6000 \text{ VA}}{230V} = 26,08A$$

Siguiendo lo establecido en la norma ITC-BT-40, la corriente máxima que deberá soportar el cable será:

$$I_{inversor-carga} = 26,08A * 1,25 = 32,6A$$

De la tabla de la figura 85 (ITC-BT-19) seleccionando la sección de cable necesaria para esa intensidad, se obtiene un cable de sección 4mm².

3.1.4.5.8.5 Caja de protecciones

La salida del inversor pasará por un cuadro eléctrico que proteja ante posibles sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones.

Esta caja de protecciones deberá incluir los siguientes elementos:

- **Puesta a tierra:** Siguiendo la normativa de Puesta a Tierra en instalaciones (ITC-BT-18), todos los elementos eléctricos y conductores que conforman la instalación deben incluir un cable de puesta a tierra como medida de seguridad con el objetivo de proteger ante posibles derivaciones y disminuir el riesgo de averías en materiales eléctricos.
La caja de protecciones recogerá una conexión común de puesta a tierra de todos los elementos.
- **Magnetotérmico:** La caja de protecciones incluirá un magnetotérmico que proteja la línea de las cargas (AC). Para el dimensionado del magnetotérmico se sigue la norma UNE 20460-4-43 en la que se describe que la intensidad nominal del magnetotérmico tiene que ser mayor, o igual, a la intensidad prevista en la línea que protege, pero menor, o igual, a la intensidad máxima admisible por los conductores de la línea.

$$I_{prevista} \leq I_N \leq I_{max\ admisible}$$

Según los datos obtenidos anteriormente para la línea inversor-cargas se puede concluir que:

$$I_{prevista} \leq I_N \leq I_{max\ admisible} \rightarrow 26,08A \leq I_N \leq 34A$$

Según los calibres comerciales, se selecciona un magnetotérmico de 32A 1P+N del fabricante Schneider. La hoja técnica de este dispositivo se incluye en el anexo técnico de este trabajo.

- **Diferencial:** En la caja de protecciones se incluirá también un interruptor diferencial que proteja de contactos eléctricos directos o indirectos.

Siguiendo los calibres comerciales, para esta instalación se ha seleccionado un interruptor diferencial de 40A, 2P y 30mA de sensibilidad. En el anexo técnico se incluye la hoja de datos de este dispositivo.

3.2 Mejora en la envolvente de la vivienda

Como segunda mejora para la vivienda bajo estudio, se va a proponer la instalación de un sistema de aislamiento térmico (SATE) en la fachada de esta para mejorar el aislamiento térmico y reducir así el consumo energético global demandado. Junto con el sistema SATE, se propone la instalación de unas ventanas más eficientes que contribuyan también a un mejor aislamiento general de la vivienda.

Es importante señalar que en este apartado se realizarán las propuestas que se consideran más efectivas para la vivienda, pero no se realizará el diseño completo de las soluciones, dejando esto como desarrollo de futuros sobre este proyecto.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) en su Documento Básico DB-HE0 habla sobre la limitación del consumo energético y lanza las siguientes premisas:

“El consumo energético de los edificios se limitará en función de la zona climática de su ubicación, el uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, el alcance de la intervención. El consumo energético se satisfará, en gran medida, mediante el uso de energía procedente de fuentes renovables” (Cantalapiedra, 2024)

Según estas premisas, el CTE, en su evolución normativa, ya centra sus líneas de actuación en que se debe conocer y partir de un dato limitado de energía que el edificio o vivienda debe consumir según su localización y uso.

Además, el CTE en su Documento Básico HE-1 nos habla de las condiciones para el control de la demanda energética de la edificación:

“Los edificios dispondrán de una envolvente térmica de características tales que limite las necesidades de energía primaria para alcanzar el bienestar térmico en función de la zona climática de su ubicación, del régimen de verano y de invierno, del uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, del alcance de la intervención.

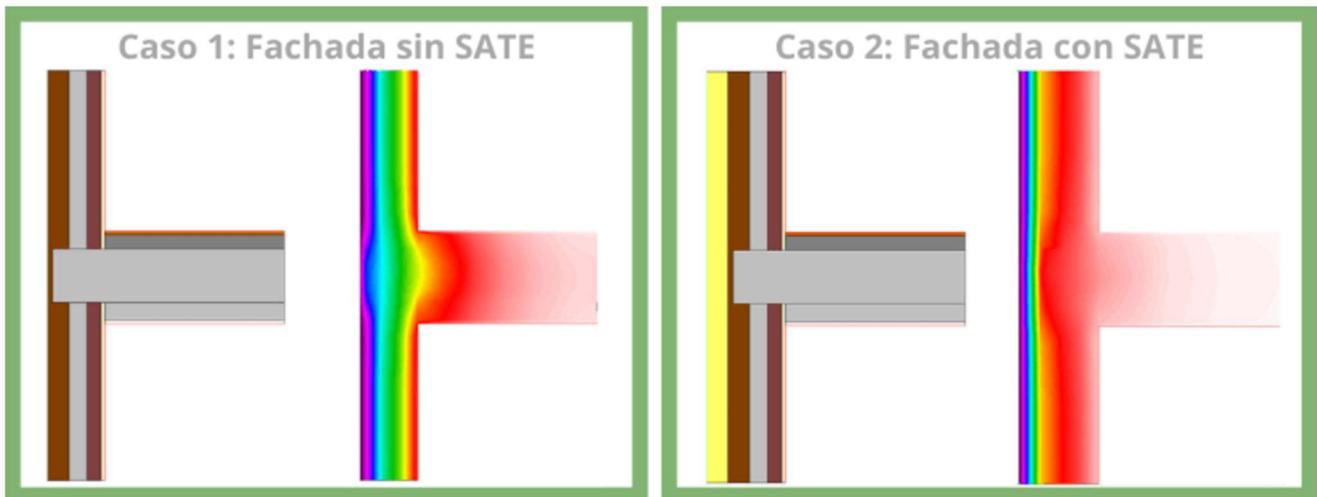
Los elementos de la envolvente térmica en función de la zona climática evitarán las descompensaciones de temperatura entre espacios habitables y las particiones interiores limitarán la transferencia de calor entre las diferentes unidades de uso. Y se limitarán los riesgos que reduzcan la vida útil de la envolvente térmica”. (Cantalapiedra, 2024).

Según lo expuesto anteriormente, en el primer apartado del CTE se establece por tanto una limitación de energía y posteriormente, en el HE-1 y siguientes documentos, se sientan las bases sobre las que conseguir la mejor eficiencia energética.

Es en relación con este DB-HE1 del CTE la propuesta que se hace en este apartado para la instalación de poliestireno extruido en la fachada, así como ventanas de mejores características.

El SATE está compuesto por un sistema de elementos de polietileno extruido que se distribuyen por toda la fachada y reducen los puentes térmicos de la vivienda. Se realiza un revestimiento exterior aislante formado por el poliestireno extruido junto con cemento y un revoco decorativo. Existen también paneles decorativos que sustituyen al revoco con mortero.

Con esta técnica, se consigue mejorar el confort de la vivienda y el consumo energético podría verse reducido hasta en un 30% - 40%. A continuación, se muestra una imagen del análisis de puentes térmicos en una fachada con SATE y sin él.



*Figura 86. Análisis de puentes térmicos de canto de forjado en una fachada con SATE y sin él.
Fuente: Control y gestión de obras.es*

La posición del SATE en la cara más externa de la fachada, provoca que todo el cerramiento esté caliente como puede apreciarse en la figura (color rojo) de manera que se reducen las posibilidades de condensaciones en los diferentes puntos de los elementos constructivos de la fachada. Algunas otras ventajas que aporta este sistema de aislamiento son:

- Reducción de la posibilidad de condensaciones intersticiales al tener el cerramiento una temperatura superior a la de rocío.
- Se reduce la degradación de los materiales de construcción de la fachada al estar protegidos.
- El espacio útil de la vivienda no se ve reducido.
- Tiene propiedades impermeables.
- Económico (Entre 60€-80€ el m²)

El sistema SATE en definitiva es una herramienta con muchos beneficios para mejorar la eficiencia energética de las viviendas, su instalación es sencilla, económica y se consiguen unos buenos resultados. Además, se cuantifica que la inversión realizada se recupera rápidamente gracias a las mejoras que aporta.

A continuación, se muestra una vivienda unifamiliar en proceso de instalación de SATE con cierre en paneles decorativos:



Figura 87. Instalación de SATE con revestimiento de paneles en vivienda unifamiliar.

Junto con el aislamiento de la fachada, y en función del estudio inicial que se hizo de la vivienda, se recomienda la instalación de doble ventana, si se desea aprovechar las ya existentes o cambiar las instaladas en obra por unas de mejor calidad; con mejor aislamiento.

En este sentido, se recomienda la instalación de ventanas tipo Climalit Planitherm 4S. Este tipo de ventanas poseen doble o triple acristalamiento y sus propiedades térmicas son excepcionales. A continuación, se muestran las principales características de este tipo de ventanas:

Producto	Transmisión Luminosa TL (%)	Reflexión Luminosa Exterior RLe (%)	Reflexión Luminosa Interior RLi (%)	Factor Solar g	Transmitancia Térmica Ug (W/m ² K)	Selectividad
Valores para DGU 6 (16 argón) 4 con la capa en cara #2						
PLANITHERM® 4S	65	27	24	0.42	1.0	1,54

Figura 88. Características de las ventanas Climalit Planitherm 4S. Fuente: Saint-Gobain

3.3 Mejoras en el sistema de gas y calefacción

Según el estudio inicial de la vivienda, se pudo constatar que esta edificación estaba dotada únicamente de una caldera convencional para el sistema de ACS y calefacción.

Actualmente, existen sistemas mucho más eficientes que este tipo de calderas por lo que se recomendaría cambiar la caldera existente por un sistema de aerotermia.

A continuación, se va a comentar las ventajas de este tipo de tecnología dejando su posible desarrollo para trabajos futuros:

Los sistemas de aerotermia transforman el aire exterior en calefacción para el invierno, climatización para el verano y agua caliente sanitaria todo el año. Además, en un sistema que se considera renovable por lo que es la base fundamental para utilizarlo en viviendas de consumo casi nulo.

Este tipo de sistema es cada vez más utilizado en edificación y viviendas por su eficiencia y respeto al medio ambiente. Los sistemas de aerotermia no emiten gases contaminantes ni generan residuos. Su principio de funcionamiento se basa en una bomba de calor que absorbe la energía del aire exterior y es utilizada para calentar agua que se podrá usar en grifos, radiadores, etc.

En el caso de su uso como climatizador, la bomba funciona enfriando el agua que circula por el suelo radiante o el sistema instalado.

Las principales ventajas de la aerotermia son:

- Uso de una única fuente de energía para todos los suministros (electricidad) la cual puede ser generada mediante placas.
- Coste de mantenimiento muy bajo.
- Alta eficiencia energética de las bombas.
- No genera residuos ni utiliza combustibles fósiles.
- Al utilizar la energía del aire exterior es una tecnología considerada como renovable.
- Rendimiento cuatro veces superior al de una caldera convencional.
- Posibilidad de ayudas y subvenciones.

El hecho de poseer todas las ventajas expuestas anteriormente junto con la posibilidad de unir los sistemas de aerotermia e instalaciones de autoconsumo hace de estas tecnologías un tándem perfecto para mejorar la eficiencia energética y conseguir viviendas de consumo casi nulo como la de estudio del presente trabajo.

A continuación, se muestra una imagen de concepto de un sistema de aerotermia:

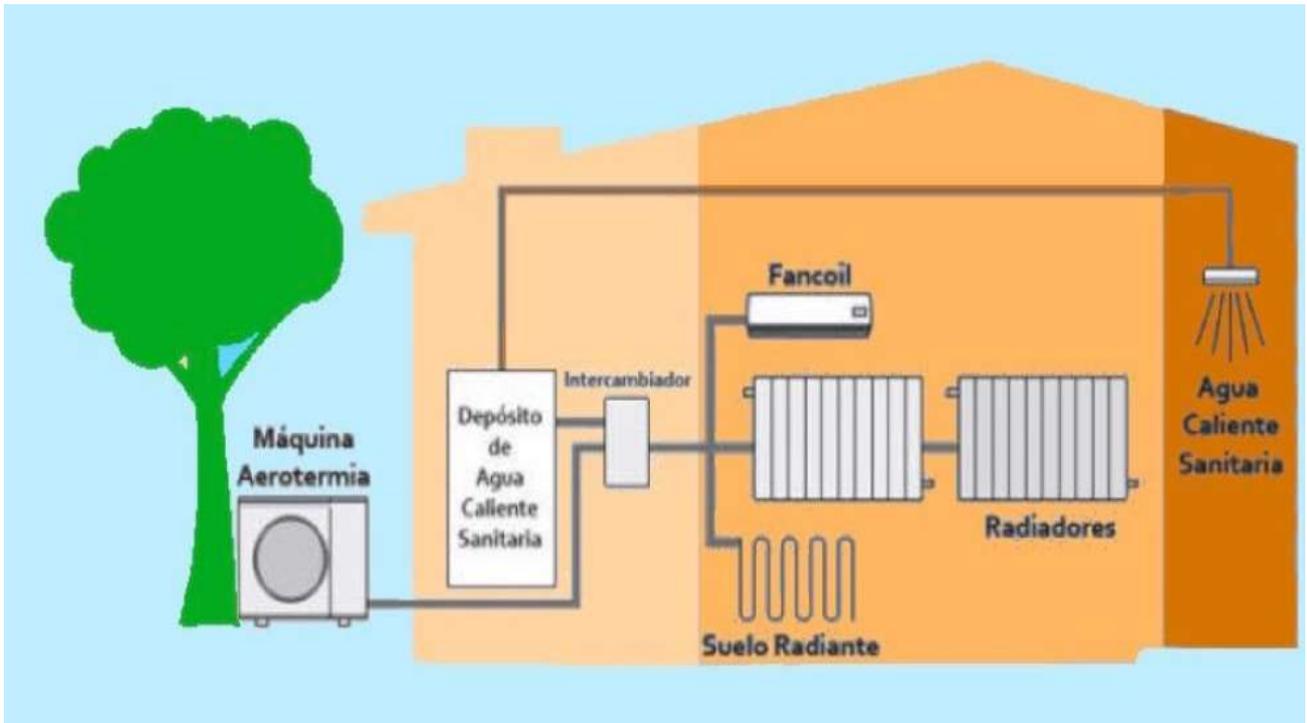


Figura 89. Esquema de instalación de un sistema de aerotermia. Fuente: Gas-hogar.es

Capítulo 4. Normativa aplicable

En este capítulo, se recoge el conjunto de disposiciones legales (leyes, reglamentos, ordenanzas, etc.) y las normas de obligado cumplimiento que se han tenido en cuenta para la realización del Proyecto.

Energía solar fotovoltaica y Red Eléctrica

- Real Decreto Ley 244/2019, de 5 de abril, en el cual se definen las nuevas modalidades de autoconsumo, incluyendo el nuevo concepto de autoconsumo colectivo, y por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de dichas modalidades de autoconsumo de energía eléctrica.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, para la regulación del Sector Eléctrico.
- Real Decreto Ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes de para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 1177/2008, de 11 de julio, por el que se establece el título de Técnico Superior en Eficiencia Energética y Energía Solar Térmica y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- Real Decreto 900/2015 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y producción de autoconsumo.
- Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1699/2011 por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1003/2010, de 5 de agosto, por el que se regula la liquidación de la prima equivalente a las instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología fotovoltaica en régimen especial.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico de baja tensión.
- Real Decreto 337/2014 por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas

Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

- Resolución de 27 de septiembre de 2007, de la Secretaría General de Energía, por la que se establece el plazo de mantenimiento de la tarifa regulada para la tecnología fotovoltaica, en virtud de lo establecido en el artículo 22 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.
- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1110/2007 por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Resolución de 12 de febrero de 2004 de la Secretaría de Estado de Energía, Desarrollo Industrial y Pequeña y Mediana Empresa, por la que se aprueba un conjunto de procedimientos de carácter técnico e instrumental necesarios para realizar la adecuada gestión técnica del Sistema Eléctrico.
 - P.O. 10.1 Condiciones de instalación de los puntos de medida.
 - P.O. 10.2 Verificación de los equipos de medida.

Normativa local del municipio:

- BOCM N° 289 de 05.12.2023. Ordenanza Fiscal Municipal del Ayuntamiento de Villalbilla para la aplicación de bonificaciones del IBI por la instalación de placas solares.
- Real Decreto Legislativo 2/2004 por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales. Ley 49/1960 sobre la propiedad horizontal.
- Normativa municipal para la solicitud de Licencia de Obras para la instalación de placas solares fotovoltaicas.

Ahorro de energía:

- RD 314/2006 de 17 de marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE-5.
- Documento Básico DB HE de Ahorro de Energía CTE Sección HE 5 Generación mínima de energía eléctrica de 20 de diciembre de 2019.

Acceso, protección y conexión a la red de transporte:

- Resolución del 11 de febrero de 2005 de la Secretaría de la Energía por la que se aprueba un conjunto de procedimientos de carácter técnico e instrumental necesarios para realizar la adecuada gestión técnica del Sistema Eléctrico.

- P.O. 12.1 Solicitudes de acceso para la conexión de nuevas instalaciones a la red de transporte.
 - P.O. 12.2 Instalaciones conectadas a la red de transporte: requisitos mínimos de diseño, equipamiento, funcionamiento y seguridad y puesta en servicio.
-
- Criterios generales de protección del Sistema Eléctrico Peninsular Español.
 - Resolución de 24 de junio de 1999, de la Secretaría de Estado de Industria y Energía por la que se aprueba un conjunto de procedimientos de carácter técnico e instrumental necesarios para realizar la adecuada gestión técnica del Sistema Eléctrico.
 - P.O. 11.1 Criterios generales de protección en la red gestionada.
 - P.O. 11.2 Criterios de instalación y funcionamiento de los automatismos.
 - P.O. 11.3 Análisis y seguimiento del funcionamiento de las protecciones y automatismos del sistema.

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

- Real Decreto 178/2021 (R.I.T.E) que modifica el RD 1027/2007

Capítulo 5. Estudio económico

En este capítulo se presenta el estudio económico de las mejoras propuestas en la vivienda a estudio. Se realiza un análisis pormenorizado de los costes de los materiales e ingeniería para determinar la inversión inicial necesaria y la rentabilidad y viabilidad del proyecto.

UNIDAD MEDIDA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
CAPITULO 1: MODULOS FOTOVOLTAICOS				1.675,80 €
Ud.	Modulo Trina Solar Vertex 400W	10	112,58 €	1.125,80 €
Ud.	Pack Soporte guías aluminio y varillas	10	55,00 €	550,00 €
CAPITULO 2: COMPONENTES ELECTRICOS				11.403,45 €
Ud.	Bateria OPzS Hoppecke VL 2-1370	24	398,89 €	9.573,36 €
Ud.	Regulador MPPT 150 V/85 MC4 Smart Solar	1	346,84 €	346,84 €
Ud.	Inversor Smart 48/6000 Victron Energy	1	1.026,21 €	1.026,21 €
Mts.	Cable Unifilar SOLAR PV ZZ-F Negro 1,5 mm2	18	1,30 €	23,40 €
Mts.	Cable Unifilar SOLAR PV ZZ-F Negro 16 mm2	12	2,56 €	30,72 €
Mts.	Cable Unifilar SOLAR PV ZZ-F Rojo 16 mm2	12	2,56 €	30,72 €
Mts.	Cable Unifilar SOLAR PV ZZ-F Negro 35 mm2	5	5,47 €	27,35 €
Mts.	Cable Unifilar SOLAR PV ZZ-F Rojo 35 mm2	5	5,47 €	27,35 €
Ud.	Cable Unifilar SOLAR PV ZZ-F Negro 50 mm2	5	8,54 €	42,70 €
Ud.	Cable Unifilar SOLAR PV ZZ-F Rojo 50 mm2	5	8,54 €	42,70 €
Ud.	Cable Unifilar SOLAR PV ZZ-F Negro 4 mm2	15	1,80 €	27,00 €
Ud.	Fusible para regulador 100A 22x58 Autosolar	1	6,05 €	6,05 €
Ud.	Interruptor diferencial 40A, 30 mA Tipo A, 2P	1	137,27 €	137,27 €

Ud.	Fusible para paneles 63A 22x58 Autosolar	1	6,65 €	6,65 €
Ud.	Fusible para batería 100A Littelfuse	1	8,11 €	8,11 €
Ud.	Magnetotérmico 32A 2P Schneider Electric	1	24,55 €	24,55 €
Ud.	Cuadro eléctrico protecciones instalación	1	22,47 €	22,47 €
CAPITULO 3: INGENIERIA				2.640,00 €
Ud.	Ingenieria y beneficio industrial	1	2.640,00 €	2.640,00 €
TOTAL TOTAL				15.719,25 €
IVA 21%				3.301,04 €
TOTAL+ IVA				19.020,29 €

Tabla 8. Presupuesto para la instalación solar fotovoltaica de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

Es necesario por tanto según el presupuesto anterior una inversión de **19.020,29€** para llevar a cabo la instalación solar fotovoltaica de la vivienda.

5.1 Rentabilidad del proyecto

Para justificar la rentabilidad del proyecto, se calculan previamente los siguientes parámetros de la inversión:

- **Valor Actual Neto (VAN):** El VAN es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. Mide la rentabilidad de la inversión trayendo sus ganancias y costes futuros al valor presente.

Un VAN positivo indica que el proyecto es rentable y por tanto se espera que genere más dinero del que se invirtió. El VAN se calcula con la siguiente expresión:

$$VAN = -I_0 + \frac{CF_1}{(1+k)^1} + \frac{CF_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+k)^n}$$

Donde:

I_0 : Inversión inicial

CF: Cash Flow o flujo de caja

K: Tasa de descuento

n: Número de períodos de tiempo

- **Tasa Interna de Retorno (TIR):** La TIR es otro parámetro que se utiliza para evaluar la rentabilidad de una inversión. Indica el retorno que se espera de una inversión y se calcula, normalmente, antes de realizar la inversión por lo que conlleva una cierta incertidumbre.

El cálculo de la TIR sigue la siguiente ecuación:

$$I_0 = \sum_{t=0}^n \frac{CF_n}{(1+k)^n}$$

Al igual que en el cálculo del valor actual neto, si el parámetro de TIR es mayor que k , la inversión tendrá rentabilidad.

- **Payback:** El parámetro de payback determina el plazo en el que se tardará en recuperar la inversión realizada. Un valor bajo de tiempo obtenido en el payback indica que la inversión se recupera rápidamente y por tanto es más rentable que una en la que se necesita más tiempo.

Para calcular el payback, si los flujos de caja son constantes, se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Flujos de caja}}$$

En el caso de que los flujos de caja no sean constantes se utiliza esta otra expresión:

$$\text{Payback} = a + \frac{\text{Inversión} - b}{Ft}$$

Siendo:

a : Número de periodo anterior a la recuperación de la inversión

b : Suma de flujos de caja hasta el periodo a

Ft : Valor del flujo de caja del periodo en que se recupera la inversión.

Una vez explicadas las definiciones de estos parámetros, que permiten obtener información sobre la rentabilidad de una inversión, se van a realizar los cálculos necesarios para analizar la rentabilidad de la instalación fotovoltaica propuesta en este trabajo.

Los flujos de caja se obtendrán mediante la diferencia entre los costes de la inversión inicial, definidos en la tabla 8 mostrada anteriormente, y los beneficios recibidos a lo largo de un año.

Sabiendo que el coste medio del kWh en el momento que se está realizando este trabajo, según Red Eléctrica de España, es de 0,169€/kWh y teniendo en cuenta que la instalación solar propuesta, según la simulación que se realizó en PVGIS genera en un año 6486,41kWh se obtienen los siguientes valores de rentabilidad:

INVERSIÓN INICIAL	19.020,29 €
ENERGIA TOTAL GENERADA	6.486,41 kWh/año
PRECIO kWh	0,169 €/kWh
AHORRO TOTAL	1.096,21 €/año
TASA DESCUENTO	3%
VAN	68 €
TIR	3,032%
Payback	17,35 años

Tabla 9. Parámetros de rentabilidad del proyecto. Fuente: Elaboración propia

El análisis de rentabilidad del proyecto se ha llevado a cabo con las siguientes premisas:

- Se ha considerado 25 años para el periodo de rentabilidad de la inversión ya que la vida media de los módulos solares ronda los 25-30 años.
- Se ha considerado una tasa de descuento (la rentabilidad esperada para el cálculo del VAN) del 3% ya que es el interés medio que en la actualidad tendría una inversión de muy bajo riesgo como podrían ser las Letras del Tesoro.
- Se ha utilizado un precio fijo de 0,169 €/kWh según los datos obtenidos como precio medio del kWh actual.

Las **conclusiones** del análisis de rentabilidad son las siguientes:

- La instalación supone un ahorro estimado de 1096,21 €/año en consumo de energía en el caso de aprovechar el 100% de la energía estimada generada y suponiendo el precio del kWh a 0,169 €/kWh
- El proyecto comienza a dar rentabilidad en el año 25, donde podemos observar un VAN positivo de 68€.

- La Tasa Interna de Retorno o TIR de la inversión a 25 años es del 3,032%.
- El payback de la inversión es de 17,35 años. En el cálculo del Payback no se tienen en cuenta retornos de interés en los flujos de caja.
- Sin contar con ningún tipo de ayuda o subvención para la instalación, el tiempo de rentabilidad se acerca o iguala el tiempo de vida de los paneles y batería.
- Se supone el precio del kWh fijo, de subir por encima de lo marcado anteriormente la rentabilidad se alcanzaría antes y la inversión tendría mejor perfil en términos económicos

Capítulo 6. Ayudas y subvenciones

Los objetivos europeos marcados en materia de eficiencia energética y descarbonización han propiciado la creación de normativa, ayudas y subvenciones que persuadan a usuarios de viviendas y constructores a ir incorporando fuentes de energía renovables en edificaciones, así como mejora energética en las mismas.

Comunidades Autónomas y Gobiernos nacionales también se han ido incorporando a estas ayudas para conseguir un efecto cada vez mayor en el uso de fuentes renovables.

Según Red Eléctrica, España batió récord de potencia solar fotovoltaica instalada en 2023, incorporando 5.594MW nuevos de potencia instalada, un 28% más que en 2022 (prensa, 2024).

En este récord de crecimiento, sin duda, las ayudas que se han puesto en marcha han jugado un papel fundamental.

A continuación, se exponen las principales ayudas y subvenciones que se pueden encontrar a nivel nacional, en la Comunidad de Madrid y a nivel local para proyectos de autoconsumo con energía fotovoltaica como el expuesto en este trabajo:

- **Fondos Next Generation:** Hasta el **31 de diciembre de 2023** se podía solicitar una subvención por la instalación de placas solares para autoconsumo y almacenamiento. El presupuesto para estas subvenciones estaba financiado por la UE, dentro de los fondos procedentes del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la Unión Europea. Según esta ayuda, se podían percibir hasta 600€/kWp de instalación en módulos solares y 490€/kWp en instalaciones de almacenamiento.

Para el año 2024 todavía hay incertidumbre en cuanto a si esta medida seguirá activa. Aunque la Comisión Europea aprobó una adenda en octubre permitiendo movilizar los fondos asignados a España hasta 2026, aun **no hay confirmación** sobre la extensión de las subvenciones.

- **Reducción o eliminación de IBI en localidades:** En numerosos Ayuntamientos de municipios y localidades se ha puesto en marcha esta medida para fomentar el autoconsumo en viviendas. Se trata de la reducción parcial en el pago del impuesto de bienes inmuebles (IBI) de la localidad al realizar una instalación fotovoltaica. En el caso de la instalación propuesta en este trabajo, localizada en el municipio de Villalbilla, el Ayuntamiento establece una bonificación del 50% de la cuota íntegra del impuesto de bienes inmuebles en las viviendas que hayan instalado sistemas para el aprovechamiento térmico o eléctrico de la energía solar para autoconsumo.

(<https://villalbilla.es/nueva-ordenanza-fiscal-para-aplicar-bonificaciones-del-ibi-por-la-instalacion-de-placas-solares/>)

Se ha tenido acceso al importe del pago en concepto de IBI para la vivienda de este trabajo. El impuesto anual abonado en 2023 fue de 335,16€ por lo que, de instalar placas solares para autoconsumo, el propietario de la vivienda tendría derecho a una reducción de 167,58€ durante dos años.

- **Deducción en IRPF:** En el momento actual de la realización de este trabajo, año 2024, para acceder a esta ayuda se deben de cumplir dos condiciones:
 - La instalación tiene que haberse realizado antes del 31 de diciembre de 2024.
 - Se debe demostrar una mejora de la eficiencia energética en el edificio o vivienda mediante la expedición de un Certificado de Eficiencia Energética anterior y posterior a la instalación solar en el que se demuestre una reducción de al menos un 7% en la demanda de calefacción y refrigeración.

Dependiendo de la mejora energética obtenida y de emplazamiento de instalación de las placas solares existen tres niveles de deducción en el IRPF del ejercicio:

- **Deducción del 20%** en IRPF si se realiza la instalación antes de la finalización del año y se reduce al menos un 7% la demanda en calefacción y refrigeración.
 - **Deducción del 40%** en IRPF si se realiza la instalación antes de la finalización del año y se reduce al menos un 30% la demanda en calefacción y refrigeración o bien se obtiene una calificación A o B en el Certificado Energético. El importe máximo a deducir no sobrepasará los 7500€
 - **Deducción del 60%** en IRPF si se realiza la instalación en un edificio antes de la finalización del año y la mejora afecta al conjunto de viviendas al menos un 30% la demanda en calefacción y refrigeración o bien se obtiene una calificación A o B en el Certificado Energético.
- **Bonificación en el Impuesto de Construcciones, Instalaciones y Obras:** En algunos Ayuntamientos existe esta bonificación al realizar instalaciones de autoconsumo. Se trata de una reducción en la licencia de obras urbanística necesaria para realizar la instalación. La bonificación puede ser de hasta el 95% en función de la residencia.

En el caso de la localidad de la vivienda de este proyecto, no existe tal bonificación.

- **Pago de excedentes:** Con la implantación de las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo, las distribuidoras y comercializadoras de energía han ido adaptándose al mercado ofreciendo diversas oportunidades y soluciones para este tipo de tecnología.

En el caso de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de distribución, existen ofertas de numerosas comercializadoras en las que se ofrece abonar el excedente de energía que el consumidor no utiliza volcándolo en la red. En la actualidad, numerosas compañías como Naturgy u Octopus ofrecen esta modalidad.

En el caso de Octopus, el pago de excedentes es más barato que Naturgy (0,08 €/kWh Vs 0,10 €/kWh) pero se da la posibilidad de reducir la factura de electricidad, por el pago de excedentes, en todos los términos (consumo e impuestos) lo que abre la posibilidad de una factura a precio 0€ e incluso guardar el sobrante económico, si se diera el caso, para utilizar posteriormente en la misma vivienda o incluso en otra.

Aunque esta modalidad no es una ayuda o subvención como tal, se ha querido añadir en este apartado ya que es un factor económico más a tener en cuenta de cara a decidir realizar la instalación de placas solares.

Una vez expuestas las ayudas y subvenciones que existen en la actualidad para realizar instalaciones solares de autoconsumo, se va a analizar de nuevo la rentabilidad del proyecto si se tuvieran en cuenta las ayudas a las que se podría acoger la instalación de este proyecto.

De lo comentado, esta vivienda podría optar a las siguientes ayudas:

- Reducción del IBI: Se obtendrían 167,58€ de reducción en dos años, es decir, 335,16€ en total.
- Deducción por IRPF: Se estima una deducción del 40% en este caso, lo que podría suponer el máximo de 7500€ que se indica en este apartado según el precio de la instalación expuesto.

Si se realizan de nuevo los cálculos de VAN, TIR y Payback del proyecto a 25 años, teniendo en cuenta una reducción de 7500€ + 335,16€, vamos a suponer en el tercer año de vida de la instalación por la demora en la aprobación de las subvenciones, etc. los nuevos parámetros de rentabilidad serían los siguientes:

INVERSIÓN INICIAL	19.020,29 €
ENERGIA TOTAL GENERADA	6.486,41 kWh/año
PRECIO kWh	0,169 €/kWh
AHORRO TOTAL	1.096,21 €/año
TASA DESCUENTO	3%
VAN	7.238,28 €
TIR	7,113%
Payback	10,20 años

Tabla 10. Parámetros de rentabilidad del proyecto con ayudas. Fuente: Elaboración propia

De tener posibilidad de acceder a los fondos Next Generation en las mismas condiciones que se expusieron entonces los parámetros serían:

INVERSIÓN INICIAL	19.020,29 €
ENERGIA TOTAL GENERADA	6.486,41 kWh/año
PRECIO kWh	0,169 €/kWh
AHORRO TOTAL	1.096,21 €/año
TASA DESCUENTO	3%
VAN	11.228,30 €
TIR	10,091%
Payback	6,22 años

Tabla 11. Rentabilidad del proyecto incluyendo fondos Next Generation Fuente: Elaboración propia

De los resultados de los parámetros de rentabilidad mostrados anteriormente se puede observar la gran influencia que las ayudas y subvenciones puestas en marcha tienen y han tenido para tomar la decisión de realizar instalaciones de autoconsumo.

Todas las iniciativas de incentivos para mejorar la eficiencia energética en edificación han sido, sin duda, el gran motor del cambio paulatino de escenario energético en la edificación en España.

Capítulo 7. Pliego de condiciones

7.1 Objeto

El objeto de este pliego de condiciones es determinar los aspectos y requisitos necesarios para llevar a cabo la instalación solar fotovoltaica definida y diseñada en este TFM.

7.2 Alcance

Este documento será de referencia para aquellas personas que formen parte del proyecto de la instalación solar fotovoltaica para la vivienda expuesta en este trabajo fin de máster. El objetivo es la planificación y correcta ejecución del proyecto descrito.

7.3 Plazos

El plazo definido para realizar el diseño e instalación solar en la vivienda es de 6 semanas, en tres fases, distribuido de la siguiente forma:

Fase 1:

- Semana 1: Recogida de datos y Acta de Constitución del Proyecto.
 - Recopilación de Facturas de consumo
 - Visita a obra (toma de medidas, fotos del emplazamiento, elementos de consumo).

Fase 2:

- Semana 2: Diseño de la instalación y planificación de actuaciones.
 - Condiciones climatológicas del emplazamiento.
 - Orientación.
 - Características de la vivienda.
 - Simulaciones.
- Semana 3: Selección de materiales.
 - Búsqueda de los materiales adecuados y definir cantidades.

- Contactar con distribuidores.
- Semana 4: Firma del proyecto y compra de materiales.
 - Entrega de Informe de viabilidad e instalación al cliente.
 - Firma del proyecto
 - Compra de materiales.

Fase 3:

- Semana 5: Recepción de materiales y transporte a obra.
 - Organización instaladores.
- Semana 6: Instalación y puesta en marcha.
 - Verificación de funcionamiento.
 - Comprobaciones de seguridad y calidad.
 - Curso y nociones de manejo a cliente de la instalación (app, elementos que conforman el sistema).
 - Entrega de documentación y firma de recepción del proyecto.

7.4 Cronograma del proyecto

A continuación, se muestra el diagrama de Pert-Gantt de la instalación. Este diagrama es una herramienta muy útil, ampliamente utilizada en la gestión de proyectos mediante la cual se puede hacer un análisis y seguimiento de las tareas y el estado del proyecto.

Los diagramas de Pert-Gantt facilitan mucho la identificación de tareas en las cuales es posible iniciar acciones en paralelo, lo que conlleva una eficiencia de tiempo en los plazos de ejecución. Además, permiten de una forma rápida adelantarse a tareas de fases posteriores y por tanto a adelantarse a puntos o tareas clave del proyecto.

Cronograma del proyecto: "Instalación fotovoltaica con almacenamiento para autoconsumo"						
SEMANA	1	2	3	4	5	6
FASE 1						
Acta de Constitución						
Recopilación de Facturas de consumo						
Visita a obra (toma de medidas, fotos del emplazamiento, elementos de consumo).						
FASE 2						
Condiciones climatológicas del emplazamiento.						
Orientación.						
Características de la vivienda.						
Simulaciones.						
Búsqueda de los materiales adecuados y definir cantidades.						
Contactar con distribuidores.						
Entrega de informe de viabilidad e instalación al cliente.						
Firma del proyecto						
Compra de materiales.						
FASE 3						
Organización instaladores.						
Verificación de funcionamiento.						
Comprobaciones de seguridad y calidad.						
Curso y nociones de manejo a cliente de la instalación (app, elementos que conforman el sistema).						
Entrega de documentación y firma de recepción del proyecto.						

Tabla 12. Diagrama de Pert-Gantt del proyecto. Fuente: Elaboración propia

7.5 Especificaciones técnicas de los materiales

En este apartado del Pliego de Condiciones se recoge todo lo relacionado con el aspecto técnico de los materiales a utilizar en el proyecto, así como la normativa y fabricación por la cual se rigen y distribuyen para garantizar el cumplimiento de las normas de calidad.

7.5.1 Paneles solares

Para este proyecto, se han seleccionado paneles solares modelo Vertex S 400W de Trina Solar. Aunque en la actualidad hay paneles de mayor potencia, por encima de 500W, se han seleccionado estos paneles por sus buenas características de funcionamiento y la garantía que aporta el fabricante en la generación del panel (25 años).

Los módulos Vertex S 400W están formados internamente por 120 células y poseen una eficiencia del 20,8%. Su rango de funcionamiento va de -40°C a 85°C

7.5.2 Soporte de los paneles

La estructura de soporte de los módulos solares es específica para para montaje en cubierta, con varilla autorroscante de tipo M10 x 200 mm y guía de aluminio. Los sistemas de fijación utilizados son de *k2-Systems que emplea el sistema de anclaje SolidRail* el cual es apropiado para prácticamente todas las cubiertas.

7.5.3 Baterías

Para este trabajo se han seleccionado baterías de tecnología OPzS del fabricante HOPPECKE.

El modelo seleccionado ha sido el Sun Power VL 2-1370 con tensión nominal de 2V. Se realizará un banco de 24 baterías en serie para trabajar con una tensión final de 48V.

El diseño de las baterías garantiza la cobertura de energía en la vivienda durante dos días en ausencia de red. Este cálculo se ha hecho en el mes más desfavorable de consumo (julio).

7.5.4 Regulador de carga

Para este proyecto se ha seleccionado el regulador de carga MPPT 150/85 del fabricante Victron Energy. La fiabilidad de esta casa comercial junto con las características de este dispositivo lo hacen adecuado para la instalación de autoconsumo propuesta.

El regulador está diseñado para trabajar con baterías de 48V, caso del proyecto, y tiene una corriente nominal de salida de 85A.

7.5.5 Inversor

El inversor seleccionado ha sido un Smart 48/6000 del fabricante Victron Energy. Se trata de un inversor con potencia de salida hasta 5300W por lo que cubre perfectamente las necesidades de potencia pico máximas de la vivienda.

7.5.6 Cableado

Se instalarán secciones de cable adecuada para cada zona de la instalación según el estudio realizado en este trabajo. El cableado ha sido elegido ha sido el SOLAR PV ZZ-F, diseñado especialmente para instalaciones solares. Este tipo de cableado, está fabricado para soportar en mucha mayor medida las inclemencias del tiempo así como la radiación UV.

7.5.7 Protecciones

La instalación irá dotada de fusibles de 100A y 63A para garantizar la adecuada protección de las líneas. Además, se dispondrá un cuadro eléctrico de protecciones con un diferencial de 40A y 30mA de sensibilidad, así como un interruptor magnetotérmico de 32 A que protegerá la instalación y a los usuarios.

7.6 Seguridad

La instalación cumplirá con las normas establecidas para este tipo sistemas tanto en fase de obra como en fase de funcionamiento. Durante fase de obra todos los trabajadores autorizados y debidamente formados, deberán utilizar los medios de seguridad necesarios tales como:

- Casco
- Gafas de sol para evitar deslumbramientos
- Cuerdas y arneses de sujeción para evitar caídas
- Uso de calzado adecuado

Además, la instalación deberá cumplir con todas las normas relativas a seguridad eléctrica que defina al REBT.

7.7 Ejecución de la obra

El director de obra en permanente comunicación con el Director del Proyecto será el encargado de organizar el trabajo de instalación y puesta en marcha.

Mediante acuerdo mutuo, el Director de Obra acordará con el Director de Proyecto un tiempo determinado en el que el Director del Proyecto realizará las verificaciones oportunas relativa a la instalación.

De realizarse alguna modificación, esta quedará registrada en el Libro del Edificio que deberá firmarse al finalizar el proyecto.

7.8 Mantenimiento y conservación.

En la documentación final, posterior a la instalación, se hará entrega al cliente de un documento relativo a la conservación y mantenimiento de la instalación. En él se recogerán todas las acciones necesarias, tanto por parte del cliente como de terceros, que conduzcan a una conservación y funcionamiento eficaz y segura de la instalación para poder alargar su vida al máximo y conseguir siempre el mejor rendimiento.

Capítulo 8. Líneas futuras de trabajo

El presente trabajo fin de máster ha tratado de proponer mejoras en una vivienda ya construida para acercarla al concepto de vivienda de consumo casi nulo. Como se comentó al inicio de este trabajo, una vivienda de consumo casi nulo es aquella en la que su diseño se ha realizado de tal manera que consuma el menor nivel de energía posible y, el consumo que requiera sea suministrado por fuentes de energía renovable tanto en generación en la propia vivienda como en origen de distribución.

Las acciones que llevar a cabo para conseguir este objetivo son múltiples, desde una selección de materiales con coeficientes de aislamiento adecuado, hasta la selección de una orientación y entorno propicio para la integración de la vivienda.

En este trabajo, se han propuesto 3 acciones para adaptar la vivienda bajo estudio a una vivienda de consumo casi nulo:

- Instalación solar fotovoltaica con almacenamiento para autoconsumo y vertido a red.
- Mejora de la envolvente mediante la instalación de SATE y paneles exteriores.
- Instalación de Aerotermia para mejorar la eficiencia de climatización.

En el caso de la instalación solar fotovoltaica, se ha realizado su diseño completo mientras que las demás instalaciones se han propuesto como recomendaciones para trabajos futuros. Es por ello, que como línea de trabajo futuro sobre este trabajo se propone el continuar con el diseño propuesto de las demás instalaciones para disminuir el consumo de la vivienda, mejorar su eficiencia y poder caracterizarla completamente como ECCN.

En el caso de viviendas de consumo casi nulo, como líneas futuras de trabajo se propone el uso de la inteligencia artificial para el desarrollo de sistemas de control de energía más avanzados, de ámbito doméstico, que monitoricen y determinen el consumo que se está haciendo de la energía.

En base al histórico y aprendizaje del sistema, este puede proponer alternativas de uso y hacer recomendaciones para un uso más eficaz de la energía, así como programar consumos en base a los momentos más adecuados.

Según se expuso en el capítulo 1 de este trabajo, las edificaciones son responsable de aproximadamente el 40% del consumo total de la energía en Europa, lo que supone el 36% de las emisiones de CO₂ en la UE. Además, el 35% de los edificios de la UE tiene más de 50 años y aproximadamente el 75% del parque inmobiliario es ineficiente desde el punto de vista energético.

Acciones como la propuesta, en un parque de las dimensiones que tiene la edificación, no solo puede conseguir resultados muy positivos en cuanto a eficiencia, sino que puede entrenar a los usuarios para adquirir hábitos de consumo eficaces y saludables desde el punto de vista energético.

Capítulo 9. Conclusiones

Es evidente que los hábitos de consumo globales y los efectos de estos sobre el planeta no son inocuos. La mejora en eficiencia energética, así como el uso de las energías renovables se hace innegable para lograr un equilibrio sostenible global.

El sector del automóvil, el industrial, el aeronáutico y el de la vivienda, son sectores con mucho margen de mejora si se pretenden alcanzar los retos de descarbonización fijados por la Unión Europea para 2050.

En el sector de la edificación, objeto de este trabajo, el gran número de viviendas existentes con un alto grado de ineficiencia energética ha hecho que se tengan que tomar distintas acciones que fomenten la mejora energética de las mismas.

Instalaciones fotovoltaicas para autoconsumo, placas solares térmicas para ACS, la mejora en las envolventes mediante polietileno extruido (SATE) son algunas de las acciones que se están tomando para adaptar viviendas antiguas y modernas a un escenario energético más eficiente.

Las iniciativas propuestas para mejorar la eficiencia energética de las viviendas son plausibles, pero deben ir acompañadas de ayudas y subvenciones que incentiven y persuadan a los propietarios y empresas. La puesta en marcha del programa de fondos europeos Next Generation para la ayuda en instalaciones renovables, ha propiciado que en España se hayan batido todos los récords de potencia solar instalada.

La inclusión de ayudas e incentivos, en definitiva, ha propiciado el interés del usuario y la curiosidad por el conocimiento de las diferentes tecnologías existentes. En la actualidad seguramente todos podremos decir que conocemos a alguien o incluso nosotros mismos somos propietarios de una instalación solar fotovoltaica. Este es el objetivo que se debería perseguir junto con la concienciación en hábitos de uso energético para conseguir encontrar un equilibrio sostenible.

Capítulo 10. Bibliografía

AEMET. (2021). *Informe Radiación Solar*.

Amieva, J. (2022). *Potencial autoconsumo de energía solar fotovoltaica de la ETSII*. Madrid.

Cantalapiedra, R. V. (2024). Apuntes de la asignatura Eficiencia Energética UE.

Energía, I. C. (2024). *Edificios de consumo energético casi zero*.

IDAE. (2018). *Estructura sectorial del consumo de energía final 2018*.

Miteco. (2024). *Informe Metodológico de la Estadística Anual de Consumo Energético Residencial*.

OMIE. (2017-2023). *Evolución precio electricidad*.

prensa, R. S. (2024). *España pone en servicio en 2023 la mayor cifra de potencia instalada solar fotovoltaica de su historia*.

Ryan France, K. S. (2020). "Six-junction III-V solar cells with 47.1% conversion efficiency under 143 suns concentration,". *Nature Energy*.

ANEXO TÉCNICO

ÍNDICE DEL ANEXO TÉCNICO

- Ficha técnica I. Características técnicas de la caldera de gas convencional de la vivienda.
- Ficha técnica II. Certificado energético inicial de la vivienda.
- Ficha técnica III. Datos CSV mensuales del contador de la vivienda.
- Ficha técnica IV. Datasheet del módulo solar seleccionado.
- Ficha técnica V. Informe de simulación de PVGIS (4kWp orientación SUROESTE y 14% de pérdidas)
- Ficha técnica VI. Informe de simulación de PVGIS (3,6kWp orientación SURESTE y 14% de pérdidas)
- Ficha técnica VII. Informe de simulación de PVGIS (4kWp orientación SURESTE y 11% de pérdidas)
- Ficha técnica VIII. Hoja de datos de las baterías seleccionadas para la instalación fotovoltaica.
- Ficha técnica IX. Hoja de datos del regulador de carga seleccionado para la instalación.
- Ficha técnica X. Hoja de datos del inversor seleccionado para la instalación fotovoltaica.
- Ficha técnica XI. Hoja de datos del magnetotérmico de la instalación fotovoltaica.
- Ficha técnica XII. Hoja de datos del diferencial de la instalación fotovoltaica.

Ficha técnica I. Características técnicas de la caladera de gas convencional de la vivienda



CALDERA DE GAS CONVENCIONAL – MIXTA INSTANTÁNEA

ALIXIA

24 CF - 24 FF

SIMPLEMENTE CONFORT.
Con 3 estrellas de rendimiento de combustión según 92/42 CEE (modelos FF), la Alixia responde a las exigencias de las reglamentaciones térmicas actuales y futuras. Como todas las nuevas calderas de Chaffoteaux, la Alixia viene preparada para conectar con instalaciones solares.



Caldera preparada de serie para conectar con instalaciones solares



➔ CONFORT SANITARIO

- > Intercambiador de placas en inox.
- > Caudal de hasta 13,6 l/min con $\Delta T = 25^{\circ}C$.
- > Producción de ACS controlada por turbina para dar respuesta a las necesidades sin tiempo de espera.

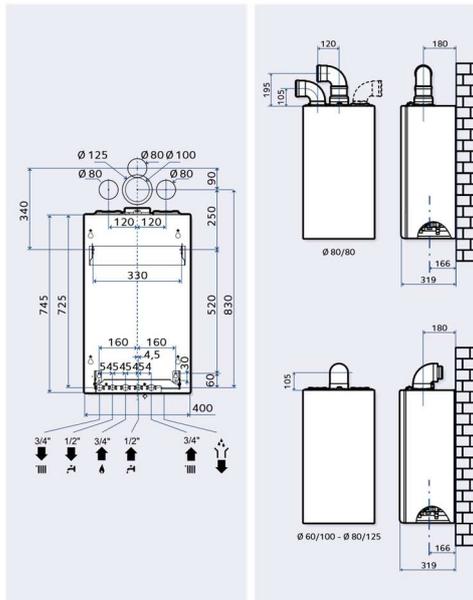
➔ CONFORT DE CALEFACCIÓN

- > Categoría energética *** de rendimiento, según la norma EN 92/42 (modelos FF).
- > Función antihielo.

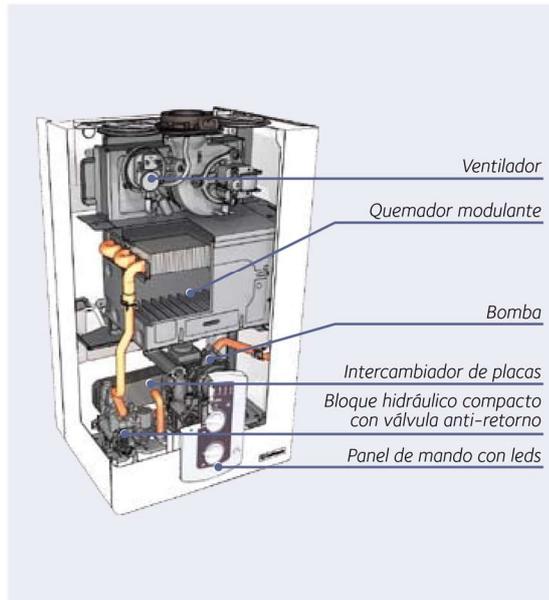
➔ CONFORT DE USO Y DE INSTALACIÓN

- > Compacta y perfecta colocación en todas las viviendas, 745*400*307 mm.
- > Mantenimiento más fácil: todos los componentes son accesibles por delante.
- > Barra de conexiones solar con (o sin) válvula termostática montada.

DIMENSIONES (EN MM) Y PLANTILLA DE INSTALACIÓN



VISTA DE SECCIÓN



Ancho 40CM	Capacidad de ACS MIXTA INSTANTANEA	Potencia 24 kW	Tecnología CONVENCIONAL
ALIXIA			

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DESIGNACIÓN		24 CF	24 FF
Potencia térmica máxima calefacción (ACS)	kW	23,7 (23,7)	24,2 (24,2)
Gas		Gas natural y butano	
Nº de certificado CE		1312BR4794	1312BR4793
Tipo de conexión		B11B5	C12, C32, C42, C52, C62, B22, B32
Tipo de gas		I12H3+	
CALEFACCIÓN			
Categoría energética		Convencional***modelos FF	
Potencia nominal en calefacción máx/min (Hi) Qn	kW	25,8/11,2	25,8/11
Potencia útil calefacción máx/min	kW	23,7/10,1	24,2/9,8
Rendimiento a potencia nominal 60/80 Hi	%	91,9	93,8
Rendimiento al 30 % de la potencia nominal (retorno 47 Hi)	%	91,2	93,6
Rango de temperatura de salida min/máx temp.	°C	35 '85	
Presión máx. calefacción/calibrado válvula de seguridad	bar	3	
Capacidad de vaso de expansión	l	8	
Capacidad máxima del agua de instalación a 75°C/45°C	l	100 '300	
AGUA CALIENTE SANITARIA			
Nivel de confort ACS (EN 13203)		**	
Potencia térmica nominal máx/min (sanitario) PCI	kW	25,8/11,2	25,8/11
Potencia máx/min en regimen de ACS	kW	23,7/10,1	24,2/9,8
Caudal específico según EN 625 a ΔT 30°C	l/	11 ,3	
Caudal agua caliente a ΔT 25° C	l/	13 ,6	

Caudal agua caliente a ΔT 35° C : l / : 9, 7

Rango de temperatura de ACS : °C : 36 60

Presión máx/min ACS : bar : 7/0,5 : 7/0,2

EMISIONES

Aspiración mínima : Pa : - : 100

Tiro mínimo : Pa : 3 : -

Clase Nox (Nox ponderado mg/kWh) G20 : : 3 (141,12) : 3 (118,19)

Temperatura humos G20 a 60/80 G20 : °C : 117,5 : 97,8

Contenido CO G20 : f : 53 : 40,1

Contenido CO₂ G20 : % : 5,8 : 6,6

Contenido O₂ G20 : % : 10,1 : 8,7

Caudal máx de los humos G20 : k : 63,7/57,1 : 56,3/56,3

Exceso de aire : % : 90 : 70

ELECTRICIDAD

Tensión de alimentación : V : 2 10

Potencia máxima absorbida : W : 76 : 106

Grado de protección eléctrica : : IPX4D : IPX5D

HIDRÁULICO / GAS

Conexiones caldera : p : ½" y ¾" M

Conexiones codos soldados : mm : Ø 14/16 y 1 ½" (gas 18F)

Caudal de gas máx. para gas H (G20) - gas L (G25) - Propano (G31) : : 2,73 - 3,18 m³/h - 2,0 kg/h

Presión máx. alimentación gas : m : 20 : 20

PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN

Longitud máxima de salidas de humos 60/100 (C12) : m : - : 4

Longitud máxima de salidas de humos 80/125 (C32) : m : - : 11

Longitud máxima de salidas de humos 80/80 (C52)

m

40

DIMENSIONES - PESO

Alto x Ancho x Profundo

mm

745 x 4

10 x 307

Peso

kg

30

31

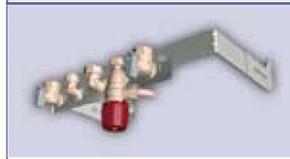
CENTRALITA SOLAR ELIOS 25



REFERENCIA

3104046

BARRA DE CONEXIONES SOLAR



REFERENCIA

36 78 445

TERMOSTATO DE AMBIENTE ON/OFF



REFERENCIA

33 18 300

CRONOTERMOSTATO AMBIENTE PROGRAMABLE



REFERENCIA

33 18 301

RECEPTOR PARA ACCESORIOS ON/OFF



REFERENCIA

33 18 308

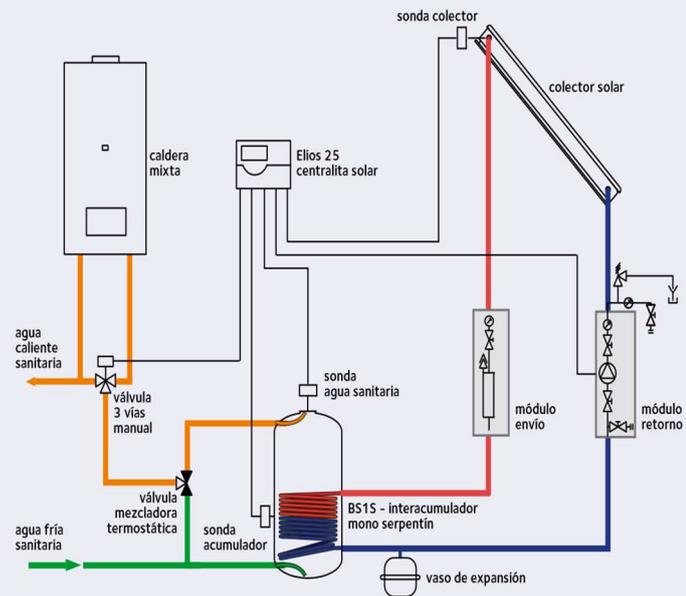
SALIDA DE HUMOS ESTANDAR



REFERENCIA

33 18 001

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICO DE CIRCULACIÓN FORZADA



Ficha técnica II. Certificado energético inicial de la vivienda

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EXISTENTE ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Normativa vigente construcción / rehabilitación	Tipo de edificio	VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE DIFERENTES TIPOS
C.T.E.	Dirección:	
Referencia/s catastral/es	Municipio	VILLALBILLA
8970128VK6787S	C.P.	28810
	C. Autónoma	MADRID

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Consumo de energía kWh / m ² año	Emisiones kg CO ₂ / m ² año
A más eficiente		
B		
C		
D	172	36
E		
F		
G menos eficiente		

REGISTRO

	12/12/2032
	Válido hasta dd/mm/aaaa

La autenticidad de este documento se puede comprobar en www.madrid.org/cove mediante el siguiente código seguro de verificación: 1259354707565162560806



ESPAÑA 

Directiva 2010 / 31 / UE

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio			
Dirección			
Municipio	Villalbilla	Código Postal	28810
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Comunidad de Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	2010
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	C.T.E.		
Referencia/s catastral/es	8970128VK6787SI		

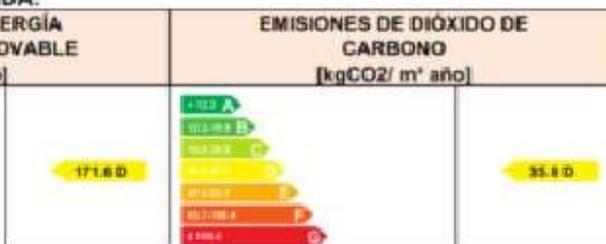
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual 	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Victor de Lorenzo Rodriguez	NIF (NIE)	08990905K
Razón social	Victor de Lorenzo Rodriguez	NIF	08990905K
Domicilio	C/ Antonio Machado 5		
Municipio	Alcala de Henares	Código Postal	28805
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Comunidad de Madrid
e-mail:	vdecarbaillo@gmail.com	Teléfono	628487091
Titulación habilitante según normativa vigente	Aparejador, Colegiado 9908		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m² año]
	

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: 12/12/2022


 Firmado por DE LORENZO
 RODRIGUEZ VICTOR ALBERTO
 - ***9090** el día
 12/12/2022 con un
 certificado emitido por
 AC FNMT Usuarios
 Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

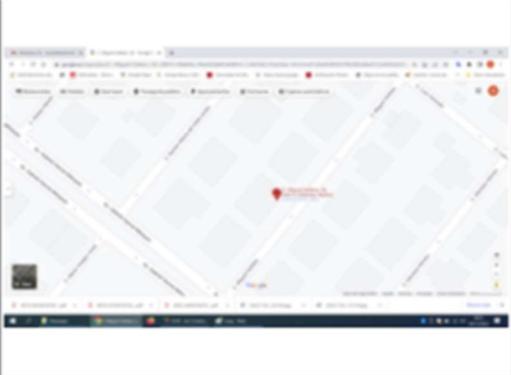
Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	116.8
---	-------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Fachada se	Fachada	14.26	0.66	Por defecto
Fachada no	Fachada	11.98	0.66	Por defecto
Fachada so	Fachada	25.48	0.66	Por defecto
Medianería	Fachada	45.5	0.00	
Partición vertical	Partición Interior	10.4	0.66	Por defecto
Partición inferior	Partición Interior	92.8	0.49	Por defecto
Cubierta con aire	Cubierta	24.0	0.38	Por defecto
Partición superior	Partición Interior	68.8	0.38	Por defecto

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V1	Hueco	5.76	3.78	0.42	Estimado	Estimado
V4	Hueco	1.92	3.78	0.42	Estimado	Estimado
V5	Hueco	1.2	3.78	0.30	Estimado	Estimado
V6	Hueco	1.92	3.78	0.63	Estimado	Estimado
V7	Hueco	1.92	3.78	0.63	Estimado	Estimado
V8	Hueco	4.2	3.78	0.63	Estimado	Estimado

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Fujitsu	Bomba de Calor		159.8	Electricidad	Estimado
Chafotteaux	Caldera	24,0	82.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Fujitsu	Bomba de Calor		157.5	Electricidad	Estimado
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	112,0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Chafotteaux	Caldera	24,0	82.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

6. ENERGÍAS RENOVABLES

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	35.8 D		CALEFACCIÓN	ACS
	<i>Emisiones calefacción [kgCO₂/m² año]</i>	D	<i>Emisiones ACS [kgCO₂/m² año]</i>	E
	27.86		5.76	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales [kgCO₂/m² año]</i>	<i>Emisiones refrigeración [kgCO₂/m² año]</i>	A	<i>Emisiones iluminación [kgCO₂/m² año]</i>	-
	2.18		-	

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
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	2.18	255.04
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	33.62	3926.72

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			
	171.6 D		CALEFACCIÓN	ACS
	<i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i>	D	<i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i>	E
	131.57		27.19	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]</i>	<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i>	B	<i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i>	-
	12.89		-	

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

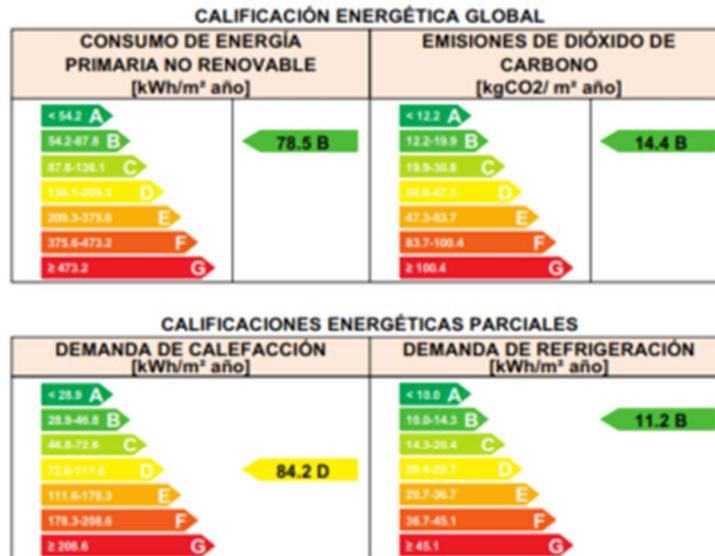
La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
	
91.5 D	11.9 B
<i>Demanda de calefacción [kWh/m² año]</i>	<i>Demanda de refrigeración [kWh/m² año]</i>

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 III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

conjunto 1



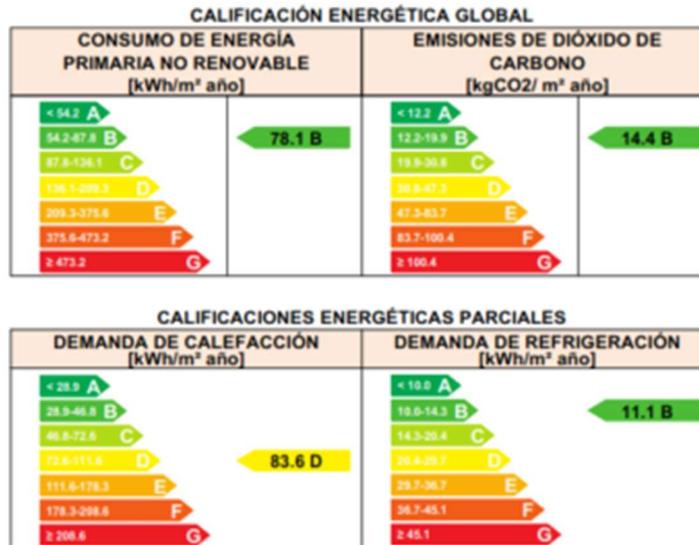
ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	20.04	81.9%	6.20	6.0%	22.85	0.0%	-	-%	49.09	64.9%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	39.17 A	70.2%	12.11 B	6.0%	27.19 E	0.0%	-	-%	78.47 B	54.3%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	6.63 A	76.2%	2.05 A	6.0%	5.76 E	0.0%	-	-%	14.44 B	59.7%
Demanda [kWh/m² año]	84.19 D	8.0%	11.19 B	6.0%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Trasdosado directo por el interior, con 8.0 cm de Placomur 32, previa impermeabilización con Wevertene.
Coste estimado de la medida 7034.69 €
Otros datos de interés

conjunto 2



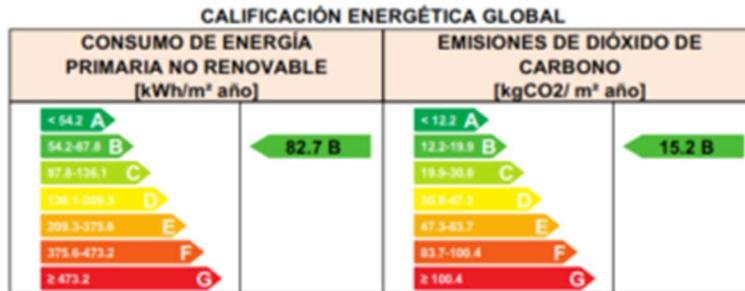
ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	19.90	82.0%	6.17	6.5%	22.85	0.0%	-	-%	48.92	65.1%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	38.89 A	70.4%	12.05 B	6.5%	27.19 E	0.0%	-	-%	78.13 B	54.5%
Emissiones de CO2 [kgCO2/m² año]	6.59 A	76.4%	2.04 A	6.5%	5.76 E	0.0%	-	-%	14.39 B	59.8%
Demanda [kWh/m² año]	83.58 D	8.7%	11.13 B	6.5%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Trasdosado por el interior, con 14.0 cm de Eco D032, previa impermeabilización con Wevertene.
Coste estimado de la medida
7125.39 €
Otros datos de interés

conjunto 3



ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	21.80	80.3%	6.60	0.0%	22.85	0.0%	-	-	51.24	63.4%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	42.59	B 67.6%	12.89	B 0.0%	27.19	E 0.0%	-	-	82.67	B 51.8%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m² año]	7.21	A 74.1%	2.18	A 0.0%	5.76	E 0.0%	-	-	15.16	B 57.7%
Demanda [kWh/m² año]	91.54	D 0.0%	11.91	B 0.0%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) mejora instalaciones
Coste estimado de la medida 3000.0 €
Otros datos de interés

Ficha técnica III. Datos CSV mensuales del
contador de la vivienda.

ENERO:

Fecha	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	SUMA
01/01/2023	Sin dato	Sin dato	12,363	12,363
02/01/2023	2,248	2,503	0,931	5,682
03/01/2023	7,129	8,479	0,940	16,548
04/01/2023	2,334	2,320	1,142	5,796
05/01/2023	6,284	7,233	1,184	14,701
06/01/2023	Sin dato	Sin dato	5,521	5,521
07/01/2023	Sin dato	Sin dato	11,642	11,642
08/01/2023	Sin dato	Sin dato	11,952	11,952
09/01/2023	3,504	6,431	1,073	11,008
10/01/2023	9,692	4,513	1,139	15,344
11/01/2023	3,622	2,733	0,914	7,269
12/01/2023	6,154	4,455	1,128	11,737
13/01/2023	3,939	5,227	1,804	10,97
14/01/2023	Sin dato	Sin dato	10,239	10,239
15/01/2023	Sin dato	Sin dato	10,443	10,443
16/01/2023	1,987	2,848	1,171	6,006
17/01/2023	4,813	4,454	1,079	10,346
18/01/2023	4,666	4,061	1,141	9,868
19/01/2023	3,820	3,520	1,143	8,483
20/01/2023	3,767	2,772	1,452	7,991
21/01/2023	Sin dato	Sin dato	12,315	12,315
22/01/2023	Sin dato	Sin dato	8,691	8,691
23/01/2023	11,911	8,923	1,091	21,925
24/01/2023	3,723	3,939	1,228	8,89
25/01/2023	2,883	2,735	1,353	6,971
26/01/2023	7,258	2,224	1,186	10,668
27/01/2023	2,561	3,371	1,512	7,444
28/01/2023	Sin dato	Sin dato	13,048	13,048
29/01/2023	Sin dato	Sin dato	8,420	8,402
30/01/2023	2,284	4,106	1,249	7,639
31/01/2023	6,217	4,317	1,902	12,436
			TOTAL	322,338
			MEDIO DIARIO	10,398

FEBRERO:

Fecha	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	SUMA
01/02/2023	2,119	2,474	1,255	5,848
02/02/2023	2,742	3,277	1,370	7,389
03/02/2023	1,869	2,131	1,401	5,401
04/02/2023	Sin dato	Sin dato	6,121	6,121
05/02/2023	Sin dato	Sin dato	10,164	10,164
06/02/2023	2,339	3,970	1,136	7,445
07/02/2023	1,697	1,877	1,374	4,948
08/02/2023	2,267	2,942	1,207	6,416
09/02/2023	2,694	2,575	0,999	6,268
10/02/2023	3,471	3,428	1,174	8,073
11/02/2023	Sin dato	Sin dato	8,281	8,281
12/02/2023	Sin dato	Sin dato	8,951	8,951
13/02/2023	2,421	2,908	1,215	6,544
14/02/2023	1,693	1,928	1,300	4,921
15/02/2023	4,033	7,192	1,201	12,426
16/02/2023	2,490	2,824	1,512	6,826
17/02/2023	3,173	4,263	1,534	8,97
18/02/2023	Sin dato	Sin dato	10,668	10,668
19/02/2023	Sin dato	Sin dato	11,921	11,921
20/02/2023	2,971	1,903	0,943	5,817
21/02/2023	1,656	2,985	1,019	5,66
22/02/2023	1,519	1,645	0,943	4,107
23/02/2023	6,875	4,908	0,923	12,706
24/02/2023	2,333	2,567	1,346	6,246
25/02/2023	Sin dato	Sin dato	7,541	7,541
26/02/2023	Sin dato	Sin dato	7,968	7,968
27/02/2023	7,057	2,769	1,178	11,004
28/02/2023	1,720	2,665	1,169	5,554
			TOTAL	214,184
			MEDIO DIARIO	7,64942857

MARZO:

Fecha	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	SUMA
01/03/2023	3,521	3,149	1,281	7,951
02/03/2023	3,469	3,033	1,154	7,656
03/03/2023	2,305	1,850	1,255	5,41
04/03/2023	Sin dato	Sin dato	4,819	4,819
05/03/2023	Sin dato	Sin dato	11,092	11,092
06/03/2023	1,172	2,628	1,211	5,011
07/03/2023	4,597	1,979	1,094	7,67
08/03/2023	2,360	2,038	1,288	5,686
09/03/2023	1,612	1,317	0,968	3,897
10/03/2023	1,474	2,569	1,262	5,305
11/03/2023	Sin dato	Sin dato	6,227	6,227
12/03/2023	Sin dato	Sin dato	4,542	4,542
13/03/2023	2,097	2,188	1,182	5,467
14/03/2023	3,153	1,328	1,002	5,483
15/03/2023	1,790	1,033	1,059	3,882
16/03/2023	1,931	1,354	0,921	4,206
17/03/2023	2,163	1,558	1,246	4,967
18/03/2023	Sin dato	Sin dato	3,513	3,513
19/03/2023	Sin dato	Sin dato	5,208	5,208
20/03/2023	2,485	1,161	0,930	4,576
21/03/2023	1,238	0,623	1,061	2,922
22/03/2023	2,918	1,131	0,871	4,92
23/03/2023	2,041	1,415	1,253	4,709
24/03/2023	1,236	1,197	1,479	3,912
25/03/2023	Sin dato	Sin dato	2,736	2,736
26/03/2023	Sin dato	Sin dato	2,777	2,777
27/03/2023	0,977	1,138	1,066	3,181
28/03/2023	1,092	0,803	0,994	2,889
29/03/2023	1,541	1,129	0,972	3,642
30/03/2023	1,219	0,702	1,166	3,087
31/03/2023	0,664	1,725	1,220	3,609
			TOTAL	150,952
			MEDIO DIARIO	4,86941935

ABRIL:

Fecha	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	SUMA
01/04/2022	3,698	8,979	1,034	13,711
02/04/2022	Sin dato	Sin dato	13,902	13,902
03/04/2022	Sin dato	Sin dato	5,494	5,494
04/04/2022	8,224	4,564	1,059	13,847
05/04/2022	3,209	3,587	1,304	8,1
06/04/2022	4,986	1,492	1,209	7,687
07/04/2022	5,793	4,322	0,989	11,104
08/04/2022	3,570	7,301	0,860	11,731
09/04/2022	Sin dato	Sin dato	15,607	15,607
10/04/2022	Sin dato	Sin dato	12,004	12,004
11/04/2022	2,614	5,139	0,878	8,631
12/04/2022	5,200	7,534	0,833	13,567
13/04/2022	2,755	5,961	0,934	9,65
14/04/2022	6,767	7,472	0,968	15,207
15/04/2022	1,199	6,195	1,017	8,411
16/04/2022	Sin dato	Sin dato	10,716	10,716
17/04/2022	Sin dato	Sin dato	12,281	12,281
18/04/2022	3,378	7,007	0,868	11,253
19/04/2022	2,375	8,841	0,936	12,152
20/04/2022	3,939	5,721	1,012	10,672
21/04/2022	2,050	6,247	0,936	9,233
22/04/2022	2,551	7,753	0,952	11,256
23/04/2022	Sin dato	Sin dato	18,152	18,152
24/04/2022	Sin dato	Sin dato	10,813	10,813
25/04/2022	3,039	1,419	0,871	5,329
26/04/2022	5,277	5,805	0,864	11,946
27/04/2022	3,605	1,442	1,041	6,088
28/04/2022	1,153	0,994	0,934	3,081
29/04/2022	4,194	4,688	0,985	9,867
30/04/2022	Sin dato	Sin dato	11,246	11,246
			TOTAL	322,738
			MEDIO DIARIO	10,7579333

MAYO:

Fecha	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	SUMA
01/05/2022	Sin dato	Sin dato	11,510	11,51
02/05/2022	8,806	5,610	0,938	15,354
03/05/2022	3,219	2,627	1,149	6,995
04/05/2022	1,284	1,680	0,966	3,93
05/05/2022	2,882	2,947	1,086	6,915
06/05/2022	1,871	2,157	0,903	4,931
07/05/2022	Sin dato	Sin dato	4,542	4,542
08/05/2022	Sin dato	Sin dato	12,870	12,87
09/05/2022	4,600	1,692	1,162	7,454
10/05/2022	3,672	3,175	1,213	8,06
11/05/2022	2,376	3,708	0,954	7,038
12/05/2022	2,184	2,353	1,036	5,573
13/05/2022	5,036	3,569	0,971	9,576
14/05/2022	Sin dato	Sin dato	13,996	13,996
15/05/2022	Sin dato	Sin dato	9,281	9,281
16/05/2022	2,445	7,093	0,927	10,465
17/05/2022	4,287	7,255	0,996	12,538
18/05/2022	4,052	5,842	1,182	11,076
19/05/2022	3,491	6,520	1,080	11,091
20/05/2022	3,074	7,461	1,085	11,62
21/05/2022	Sin dato	Sin dato	10,854	10,854
22/05/2022	Sin dato	Sin dato	4,694	4,694
23/05/2022	2,370	2,790	1,224	6,384
24/05/2022	3,539	7,319	1,672	12,53
25/05/2022	1,392	5,214	1,171	7,777
26/05/2022	1,911	6,939	1,076	9,926
27/05/2022	3,447	6,531	1,012	10,99
28/05/2022	Sin dato	Sin dato	9,128	9,128
29/05/2022	Sin dato	Sin dato	13,493	13,493
30/05/2022	2,024	5,696	1,277	8,997
31/05/2022	2,327	6,688	1,190	10,205
			TOTAL	289,793
			MEDIO DIARIO	9,34816129

JUNIO:

Fecha	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	SUMA
01/06/2022	5,033	5,555	1,257	11,845
02/06/2022	2,005	6,816	1,168	9,989
03/06/2022	2,166	7,556	1,010	10,732
04/06/2022	Sin dato	Sin dato	11,251	11,251
05/06/2022	Sin dato	Sin dato	12,129	12,129
06/06/2022	2,244	5,550	1,110	8,904
07/06/2022	3,738	7,222	1,170	12,13
08/06/2022	3,313	5,708	1,320	10,341
09/06/2022	2,038	6,013	1,177	9,228
10/06/2022	3,060	6,171	1,291	10,522
11/06/2022	Sin dato	Sin dato	11,067	11,067
12/06/2022	Sin dato	Sin dato	11,175	11,175
13/06/2022	3,313	6,853	1,295	11,461
14/06/2022	1,815	7,057	1,472	10,344
15/06/2022	1,444	5,602	1,334	8,38
16/06/2022	5,462	8,369	1,295	15,126
17/06/2022	3,402	8,736	1,371	13,509
18/06/2022	Sin dato	Sin dato	8,118	8,118
19/06/2022	Sin dato	Sin dato	7,678	7,678
20/06/2022	1,929	1,812	1,194	4,935
21/06/2022	2,363	3,273	1,339	6,975
22/06/2022	2,064	2,341	1,118	5,523
23/06/2022	3,510	2,216	1,226	6,952
24/06/2022	2,023	2,690	1,033	5,746
25/06/2022	Sin dato	Sin dato	5,714	5,714
26/06/2022	Sin dato	Sin dato	14,413	14,413
27/06/2022	3,747	2,582	1,646	7,975
28/06/2022	3,673	2,580	1,126	7,379
29/06/2022	3,210	1,917	1,137	6,264
30/06/2022	1,734	7,266	1,088	10,088
			TOTAL	285,893
			MEDIO DIARIO	9,52976667

JULIO:

Fecha	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	SUMA
01/07/2022	4,250	6,695	1,045	11,99
02/07/2022	Sin dato	Sin dato	11,829	11,829
03/07/2022	Sin dato	Sin dato	10,163	10,163
04/07/2022	3,238	6,750	1,235	11,223
05/07/2022	3,965	8,223	1,177	13,365
06/07/2022	1,461	5,622	1,203	8,286
07/07/2022	2,603	5,808	1,078	9,489
08/07/2022	2,257	2,452	1,527	6,236
09/07/2022	Sin dato	Sin dato	7,692	7,692
10/07/2022	Sin dato	Sin dato	11,411	11,411
11/07/2022	3,489	3,351	1,321	8,161
12/07/2022	3,784	4,131	1,843	9,758
13/07/2022	4,269	8,395	1,501	14,165
14/07/2022	3,568	8,542	1,242	13,352
15/07/2022	3,281	6,521	1,295	11,097
16/07/2022	Sin dato	Sin dato	14,790	14,79
17/07/2022	Sin dato	Sin dato	13,653	13,653
18/07/2022	3,941	8,933	1,455	14,329
19/07/2022	5,091	8,075	1,407	14,573
20/07/2022	3,933	6,993	1,398	12,324
21/07/2022	2,943	8,055	1,308	12,306
22/07/2022	5,031	6,894	1,326	13,251
23/07/2022	Sin dato	Sin dato	11,381	11,381
24/07/2022	Sin dato	Sin dato	14,539	14,539
25/07/2022	3,398	8,334	1,376	13,108
26/07/2022	2,441	7,120	1,394	10,955
27/07/2022	3,454	9,039	1,355	13,848
28/07/2022	4,808	8,966	1,317	15,091
29/07/2022	4,739	8,778	1,875	15,392
30/07/2022	Sin dato	Sin dato	7,081	7,081
31/07/2022	Sin dato	Sin dato	6,851	6,851
			TOTAL	361,689
			MEDIO DIARIO	11,6673871

AGOSTO:

Fecha	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	SUMA
01/08/2022	1,012	4,906	1,051	6,969
02/08/2022	1,024	4,976	1,145	7,145
03/08/2022	1,065	4,910	1,060	7,035
04/08/2022	1,071	4,920	1,009	7
05/08/2022	1,098	4,894	1,061	7,053
06/08/2022	Sin dato	Sin dato	6,928	6,928
07/08/2022	Sin dato	Sin dato	7,026	7,026
08/08/2022	1,001	5,003	1,090	7,094
09/08/2022	2,037	7,985	1,338	11,36
10/08/2022	6,178	11,376	1,329	18,883
11/08/2022	2,271	5,489	1,551	9,311
12/08/2022	1,060	4,942	1,023	7,025
13/08/2022	Sin dato	Sin dato	9,711	9,711
14/08/2022	Sin dato	Sin dato	11,932	11,932
15/08/2022	Sin dato	Sin dato	8,575	8,575
16/08/2022	2,918	6,865	1,181	10,964
17/08/2022	1,868	5,580	1,117	8,565
18/08/2022	2,513	7,459	1,063	11,035
19/08/2022	1,382	6,251	1,064	8,697
20/08/2022	Sin dato	Sin dato	10,696	10,696
21/08/2022	Sin dato	Sin dato	12,074	12,074
22/08/2022	2,575	6,217	1,197	9,989
23/08/2022	3,165	5,283	1,483	9,931
24/08/2022	1,242	5,287	1,172	7,701
25/08/2022	3,185	9,258	1,128	13,571
26/08/2022	2,424	5,400	1,150	8,974
27/08/2022	Sin dato	Sin dato	8,091	8,091
28/08/2022	Sin dato	Sin dato	8,487	8,487
29/08/2022	2,263	6,043	1,302	9,608
30/08/2022	4,019	5,475	1,270	10,764
31/08/2022	1,963	6,444	1,178	9,585
			TOTAL	291,779
			MEDIO DIARIO	9,41222581

SEPTIEMBRE:

Fecha	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	SUMA
01/09/2022	3,454	7,142	1,645	12,241
02/09/2022	3,558	8,018	1,447	13,023
03/09/2022	Sin dato	Sin dato	11,402	11,402
04/09/2022	Sin dato	Sin dato	9,322	9,322
05/09/2022	2,238	5,515	1,199	8,952
06/09/2022	3,287	7,388	1,010	11,685
07/09/2022	2,523	6,172	1,039	9,734
08/09/2022	2,669	7,091	1,018	10,778
09/09/2022	3,173	6,564	1,110	10,847
10/09/2022	Sin dato	Sin dato	11,267	11,267
11/09/2022	Sin dato	Sin dato	9,064	9,064
12/09/2022	2,523	5,775	1,121	9,419
13/09/2022	1,585	7,077	1,647	10,309
14/09/2022	1,712	5,882	1,046	8,64
15/09/2022	1,485	5,056	1,166	7,707
16/09/2022	1,601	6,460	1,003	9,064
17/09/2022	Sin dato	Sin dato	8,075	8,075
18/09/2022	Sin dato	Sin dato	9,087	9,087
19/09/2022	2,376	1,708	1,213	5,297
20/09/2022	5,036	3,230	1,001	9,267
21/09/2022	4,213	2,267	0,964	7,444
22/09/2022	3,457	3,028	0,961	7,446
23/09/2022	4,419	4,949	1,654	11,022
24/09/2022	Sin dato	Sin dato	10,817	10,817
25/09/2022	Sin dato	Sin dato	10,296	10,296
26/09/2022	4,549	2,225	1,049	7,823
27/09/2022	3,825	4,019	1,063	8,907
28/09/2022	3,083	1,952	1,016	6,051
29/09/2022	9,069	3,705	0,971	13,745
30/09/2022	6,021	5,648	1,033	12,702
			TOTAL	291,433
			MEDIO DIARIO	9,71443333

OCTUBRE:

Fecha	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	SUMA
01/10/2022	Sin dato	Sin dato	10,499	10,499
02/10/2022	Sin dato	Sin dato	11,696	11,696
03/10/2022	2,752	1,634	1,231	5,617
04/10/2022	7,068	3,700	1,115	11,883
05/10/2022	2,536	1,720	1,293	5,549
06/10/2022	4,982	2,665	1,000	8,647
07/10/2022	2,179	3,714	1,120	7,013
08/10/2022	Sin dato	Sin dato	9,829	9,829
09/10/2022	Sin dato	Sin dato	12,313	12,313
10/10/2022	1,747	1,994	1,216	4,957
11/10/2022	5,296	2,569	1,056	8,921
12/10/2022	Sin dato	Sin dato	9,279	9,279
13/10/2022	3,328	2,152	0,988	6,468
14/10/2022	3,269	3,191	1,054	7,514
15/10/2022	Sin dato	Sin dato	8,050	8,050
16/10/2022	Sin dato	Sin dato	7,441	7,441
17/10/2022	2,326	2,122	1,159	5,607
18/10/2022	4,801	2,062	1,105	7,968
19/10/2022	4,191	3,214	1,124	8,529
20/10/2022	5,018	3,922	1,038	9,978
21/10/2022	4,623	3,918	1,117	9,658
22/10/2022	Sin dato	Sin dato	10,802	10,802
23/10/2022	Sin dato	Sin dato	7,621	7,621
24/10/2022	1,019	1,211	1,098	3,328
25/10/2022	3,670	3,933	1,121	8,724
26/10/2022	3,780	1,763	1,166	6,709
27/10/2022	1,872	3,232	1,213	6,317
28/10/2022	2,470	2,506	1,050	6,026
29/10/2022	Sin dato	Sin dato	8,458	8,458
30/10/2022	Sin dato	Sin dato	15,817	15,817
31/10/2022	1,982	2,851	1,302	6,135
			TOTAL	257,353
			MEDIO DIARIO	8,30170968

NOVIEMBRE:

Fecha	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	SUMA
01/11/2022	Sin dato	Sin dato	9,895	9,895
02/11/2022	3,533	2,058	1,121	6,712
03/11/2022	5,243	5,365	1,063	11,671
04/11/2022	2,394	4,772	1,177	8,343
05/11/2022	Sin dato	Sin dato	7,914	7,914
06/11/2022	Sin dato	Sin dato	11,211	11,211
07/11/2022	1,560	5,459	1,121	8,14
08/11/2022	4,558	10,874	1,390	16,822
09/11/2022	6,527	3,965	1,154	11,646
10/11/2022	7,704	3,455	1,324	12,483
11/11/2022	4,178	5,215	0,967	10,36
12/11/2022	Sin dato	Sin dato	9,626	9,626
13/11/2022	Sin dato	Sin dato	9,024	9,024
14/11/2022	2,427	2,841	0,908	6,176
15/11/2022	9,441	7,095	0,918	17,454
16/11/2022	4,724	3,146	1,126	8,996
17/11/2022	2,667	2,491	1,115	6,273
18/11/2022	5,624	4,252	1,619	11,495
19/11/2022	Sin dato	Sin dato	12,370	12,37
20/11/2022	Sin dato	Sin dato	9,125	9,125
21/11/2022	2,906	4,202	1,139	8,247
22/11/2022	8,266	6,820	1,122	16,208
23/11/2022	6,829	4,433	1,060	12,322
24/11/2022	3,684	2,871	0,997	7,552
25/11/2022	6,656	3,195	1,293	11,144
26/11/2022	Sin dato	Sin dato	6,936	6,936
27/11/2022	Sin dato	Sin dato	11,763	11,763
28/11/2022	7,261	6,755	1,038	15,054
29/11/2022	3,923	3,146	1,036	8,105
30/11/2022	3,044	2,163	0,986	6,193
			TOTAL	309,26
			MEDIO DIARIO	10,3086667

DICIEMBRE:

Fecha	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	SUMA
01/12/2022	7,834	4,114	1,004	12,952
02/12/2022	3,910	3,898	1,444	9,252
03/12/2022	Sin dato	Sin dato	9,619	9,619
04/12/2022	Sin dato	Sin dato	14,506	14,506
05/12/2022	3,351	2,848	0,932	7,131
06/12/2022	Sin dato	Sin dato	17,754	17,754
07/12/2022	5,118	3,561	0,996	9,675
08/12/2022	Sin dato	Sin dato	14,138	14,138
09/12/2022	7,347	5,301	1,113	13,761
10/12/2022	Sin dato	Sin dato	9,924	9,924
11/12/2022	Sin dato	Sin dato	17,417	17,417
12/12/2022	2,080	2,178	0,843	5,101
13/12/2022	3,831	4,037	1,007	8,875
14/12/2022	4,282	3,770	1,181	9,233
15/12/2022	5,384	5,809	0,925	12,118
16/12/2022	6,966	2,972	1,469	11,407
17/12/2022	Sin dato	Sin dato	10,963	10,963
18/12/2022	Sin dato	Sin dato	7,306	7,306
19/12/2022	1,803	2,020	1,613	5,436
20/12/2022	1,968	7,450	1,062	10,48
21/12/2022	4,811	5,404	0,885	11,1
22/12/2022	1,250	2,323	1,252	4,825
23/12/2022	3,946	3,013	0,964	7,923
24/12/2022	Sin dato	Sin dato	16,915	16,915
25/12/2022	Sin dato	Sin dato	4,845	4,845
26/12/2022	7,126	2,681	0,986	10,793
27/12/2022	2,542	2,018	1,032	5,592
28/12/2022	5,940	5,204	1,455	12,599
29/12/2022	4,396	4,355	1,249	10
30/12/2022	1,941	1,751	1,227	4,919
31/12/2022	Sin dato	Sin dato	9,501	9,501
			TOTAL	316,06
			MEDIO DIARIO	10,1954839

Ficha técnica IV. Datasheet del módulo solar
seleccionado.

Vertex S

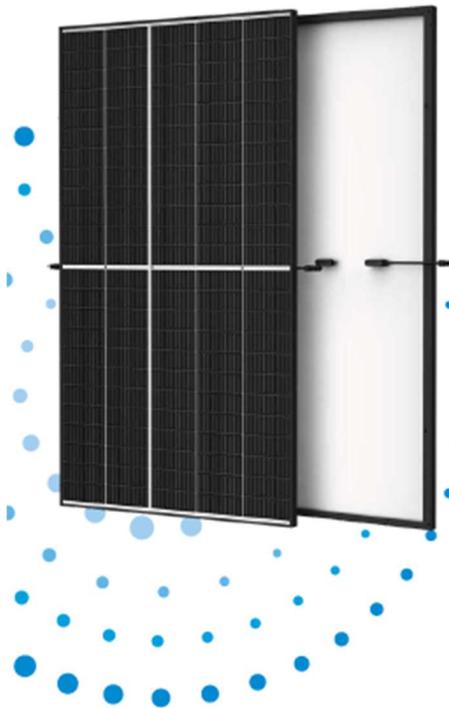
MÓDULO MONOCRISTALINO BACKSHEET

PRODUCTO: TSM-DE09.08
RANGO DE POTENCIA: 390-410 W

410 W+
POTENCIA MÁXIMA DE SALIDA

0/+5 W
TOLERANCIA POSITIVA

21,3%
EFICIENCIA MÁXIMA



Pequeño en tamaño, grande en potencia

- Genera hasta 410 W, 21,3 % de eficiencia del módulo con tecnología de interconexión de alta densidad
- Tecnología multi-busbar para una mejor absorción de la luz, menores resistencias en serie, captura de corriente mejorada y mayor fiabilidad
- Excelente rendimiento con poca luz (IAM) gracias a la optimización del proceso de las células y de los materiales del módulo



Solución universal para tejados residenciales, comerciales e Industriales

- Diseñado para ser compatible con inversores, optimizadores y sistemas de montaje convencionales
- Tamaño perfecto y bajo peso para un fácil manejo. Costes de transporte optimizados
- Reduce el coste de la instalación con una mayor potencia y rendimiento
- Soluciones de instalación flexibles para el despliegue del sistema

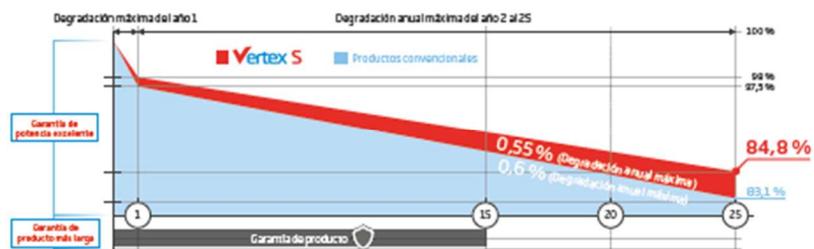


Gran fiabilidad

- Cargas de nieve probadas de hasta 6.000 Pa
- Cargas de viento probadas de hasta 4.000 Pa

Garantía Ampliada del Vertex S

- 2 %**
Degradación máxima del año 1
- 0,55 %**
Degradación anual máxima del año 2 al 25
- 15 Años**
Garantía de producto



Certificados de productos y sistemas

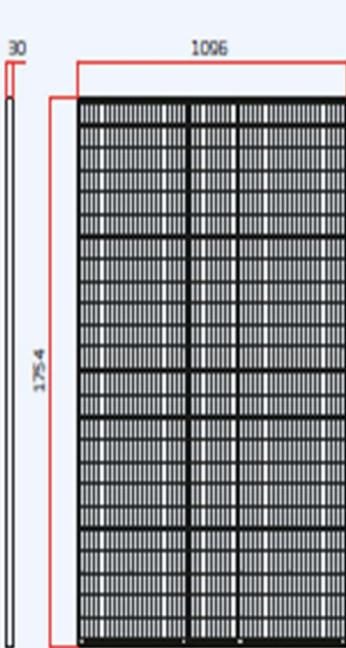


IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716
ISO 9001: Sistema de Gestión de la Calidad
ISO 14001: Sistema de Gestión Ambiental
ISO 14064: Verificación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
ISO 45001: Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

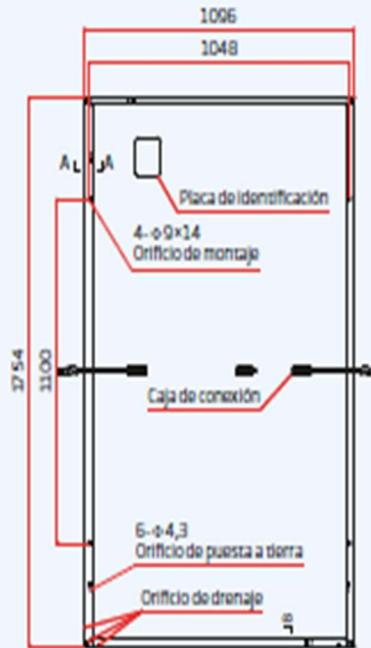




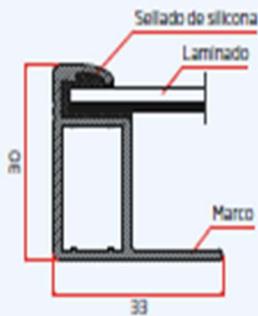
DIMENSIONES DEL MÓDULO (mm)



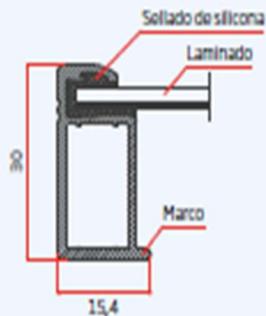
Vista frontal



Vista trasera

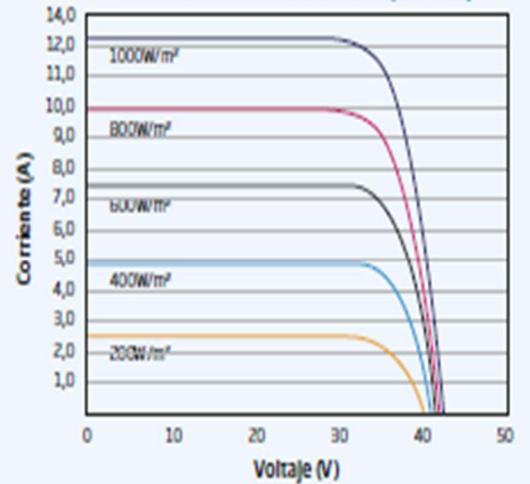


A-A

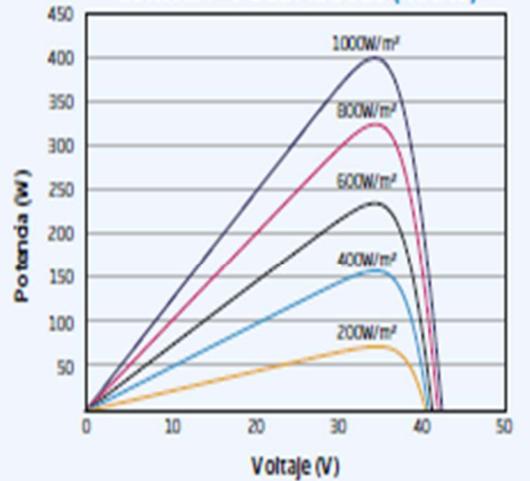


B-B

CURVAS I-V DEL MÓDULO (400W)



CURVAS P-V DEL MÓDULO (400W)



DATOS ELÉCTRICOS (STC)

	TSM-390 DE09.08	TSM-395 DE09.08	TSM-400 DE09.08	TSM-405 DE09.08	TSM-410 DE09.08
Potencia Máxima- P_{MAX} (Wp)*	390	395	400	405	410
Tolerancia de Potencia Nominal- P_{MAX} (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensión en Máxima Potencia- V_{MPP} (V)	33,8	34,0	34,2	34,4	34,6
Corriente en Máxima Potencia- I_{MPP} (A)	11,54	11,62	11,70	11,77	11,85
Tensión de Circuito Abierto- V_{OC} (V)	40,8	41,0	41,2	41,4	41,6
Corriente de Cortocircuito- I_{SC} (A)	12,14	12,21	12,28	12,34	12,40
Eficiencia η_m (%)	20,3	20,5	20,8	21,1	21,3

STC: Irradiancia de 1000W/m², Temperatura de la célula de 25 °C, AM1.5 *Tolerancia de medida de $\pm 3\%$

DATOS ELÉCTRICOS (NOCT)

	TSM-390 DE09.08	TSM-395 DE09.08	TSM-400 DE09.08	TSM-405 DE09.08	TSM-410 DE09.08
Potencia Máxima- P_{MAX} (Wp)	295	298	302	306	310
Tensión en Máxima Potencia- V_{MPP} (V)	31,8	32,0	32,2	32,5	32,8
Corriente en Máxima Potencia- I_{MPP} (A)	9,26	9,32	9,38	9,41	9,46
Tensión en Circuito Abierto- V_{OC} (V)	38,4	38,6	38,8	38,9	39,1
Corriente de Cortocircuito- I_{SC} (A)	9,78	9,84	9,90	9,95	9,99

NOCT: Irradiancia de 800 W/m², Temperatura ambiente de 20 °C, Velocidad del viento de 1 m/s.

DATOS MECÁNICOS

Células Solares	Monocristalinas
Número de células	120 células
Dimensiones del módulo	1.754 × 1.096 × 30 mm
Peso	21,0 kg
Vidrio Frontal	3,2 mm, alta transmisión, vidrio termoendurecido con recubrimiento AR
Material Encapsulante	EVA/POE
Lámina posterior	Blanca
Marco	Aleación de aluminio anodizado de 30 mm
J-Box	IP 68
Cables	Cable fotovoltaico: 4,0 mm ² Instalación en horizontal: 1.100/1.100 mm Instalación en vertical: 280/280 mm*
Conector	TS4/MC4 EVO2*

*Bajo pedido

TASAS DE TEMPERATURA

NOCT (Temperatura de Operación Nominal de la Célula)	43 °C (± 2 K)
Coefficiente de Temperatura de P_{MAX}	-0,34 %/K
Coefficiente de Temperatura de V_{OC}	-0,25 %/K
Coefficiente de Temperatura de I_{SC}	0,04 %/K

GARANTÍA

15 años de garantía del Producto
25 años de garantía de Potencia
2% de degradación el primer año
0,55% de degradación anual de potencia

(Consulte la garantía de producto para más información)

LÍMITES OPERACIONALES

Temperatura de Operación	-40 a +85 °C
Tensión Máxima del Sistema	1.500 V DC (IEC)
Capacidad Máxima del Fusible	20 A

CONFIGURACIÓN DE EMBALAJE

Módulos por caja	36 unidades
Módulos por contenedor 40'	936 unidades

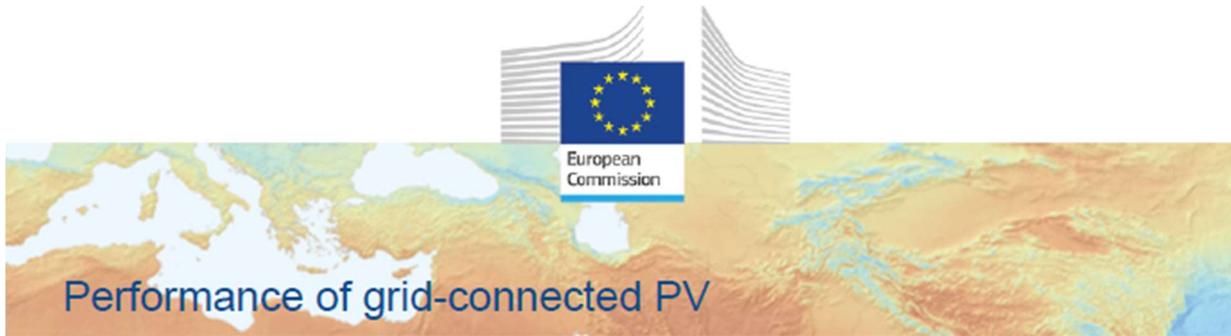


PRECAUCIÓN: LEA LAS INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD E INSTALACIÓN ANTES DE UTILIZAR EL PRODUCTO.
© 2021 Trina Solar Limitada. Todos los derechos reservados. Las especificaciones de esta ficha técnica están sujetas a cambios sin previo aviso

Versión número: TSM_ESP_2021_C

www.trinasolar.com

Ficha técnica V. Informe de simulación de
PVGIS (4kWp orientación SUROESTE y 14% de
pérdidas)



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

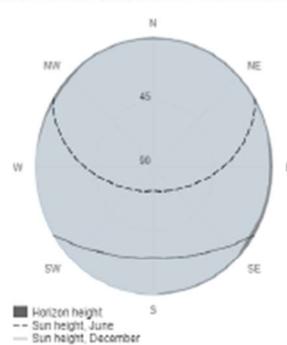
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 40.441,-3.368
Horizon: Calculated
Database used: PVGIS-SARAH2
PV technology: Crystalline silicon
PV installed: 4 kWp
System loss: 14 %

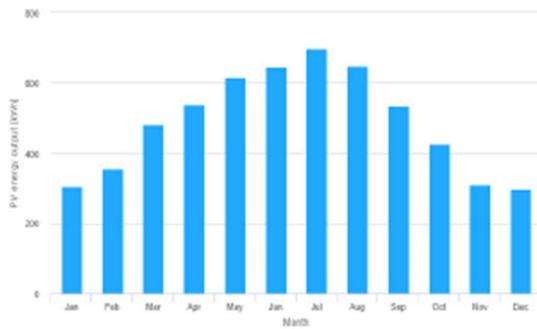
Simulation outputs

Slope angle: 25 °
Azimuth angle: 53 °
Yearly PV energy production: 5859.1 kWh
Yearly in-plane irradiation: 1903.88 kWh/m²
Year-to-year variability: 207.47 kWh
Changes in output due to:
Angle of incidence: -2.97 %
Spectral effects: 0.44 %
Temperature and low irradiance: -8.21 %
Total loss: -23.06 %

Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m	
January	304.7	92.2	60.1	
February	355.7	108.5	50.6	
March	482.1	150.0	50.6	
April	540.0	172.3	42.1	
May	618.6	201.9	55.9	
June	645.2	217.7	27.7	
July	697.6	239.7	24.1	
August	648.3	221.6	18.9	
September	533.0	177.2	24.4	
October	427.0	136.7	39.4	
November	311.3	95.8	42.9	
December	297.7	90.4	36.4	

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].
H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].
SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them. However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

It is our goal to minimise disruption caused by technical errors. However, some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

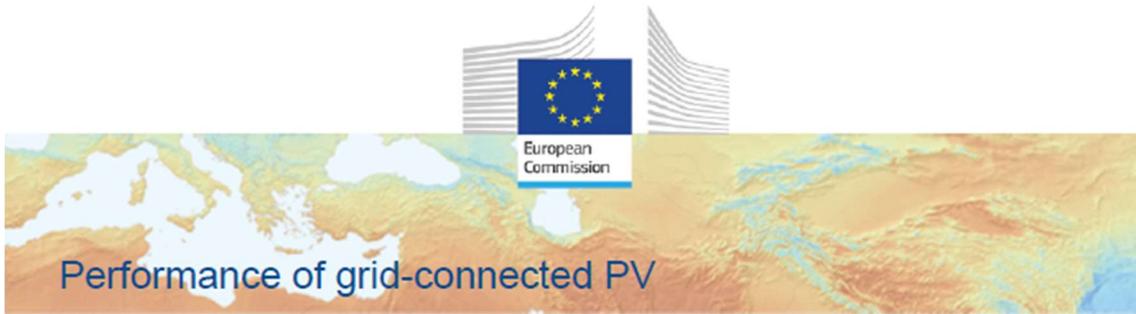
For more information, please visit <https://ec.europa.eu/energy/en>

PVGIS ©European Union, 2001-2024.
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2024/08/20



Ficha técnica VI. Informe de simulación de
PVGIS (3,6kW orientación SURESTE y 14% de
pérdidas)



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

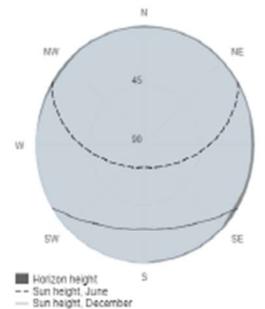
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 40.441,-3.368
Horizon: Calculated
Database used: PVGIS-SARAH2
PV technology: Crystalline silicon
PV installed: 3.6 kWp
System loss: 14 %

Simulation outputs

Slope angle: 25 °
Azimuth angle: -24 °
Yearly PV energy production: 5640.99 kWh
Yearly in-plane irradiation: 2022.55 kWh/m²
Year-to-year variability: 168.65 kWh
Changes in output due to:
Angle of incidence: -2.78 %
Spectral effects: 0.47 %
Temperature and low irradiance: -7.77 %
Total loss: -22.53 %

Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E _m	H(i) _m	SD _m
January	321.9	106.9	63.4
February	356.8	120.2	52.9
March	474.3	163.2	52.8
April	508.4	179.8	37.6
May	576.8	209.2	52.4
June	594.3	221.9	23.0
July	639.4	243.2	16.7
August	604.2	228.8	14.1
September	513.2	188.7	15.9
October	421.3	148.7	43.9
November	318.6	107.9	46.6
December	311.8	104.0	38.0

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].
H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].
SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep the information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them. However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.
It is our goal to minimize disruption caused by technical errors, however, some data or information on this site may have been deleted or substituted in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.
For more information, please visit https://ec.europa.eu/info/legal-notice_en



PVGIS ©European Union, 2001-2024.
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2024/08/20

Ficha técnica VII. Informe de simulación de
PVGIS (4kWp orientación SURESTE y 11% de
pérdidas)



PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

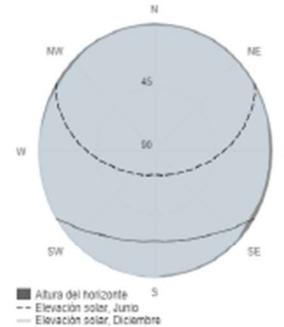
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 40.441,-3.368
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-SARAH2
Tecnología FV: Silicio cristalino
FV instalado: 4 kWp
Pérdidas sistema: 11 %

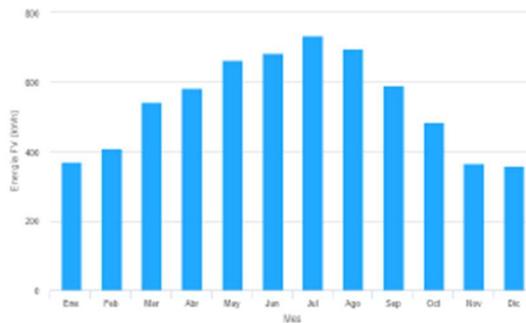
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 25 °
Ángulo de azimut: -24 °
Producción anual FV: 6486.41 kWh
Irradiación anual: 2022.55 kWh/m²
Variación interanual: 193.92 kWh
Cambios en la producción debido a:
Ángulo de incidencia: -2.78 %
Efectos espectrales: 0.47 %
Temperatura y baja irradiancia: -7.77 %
Pérdidas totales: -19.82 %

Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E _m	H(i) _m	SD _m
Enero	370.1	106.9	72.8
Febrero	410.3	120.2	60.9
Marzo	545.3	163.2	60.6
Abril	584.5	179.8	43.3
Mayo	663.3	209.2	60.3
Junio	683.4	221.9	26.5
Julio	735.2	243.2	19.1
Agosto	694.8	228.8	16.2
Septiembre	590.1	188.7	18.3
Octubre	484.4	148.7	50.4
Noviembre	366.4	107.9	53.6
Diciembre	358.5	104.0	43.8

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

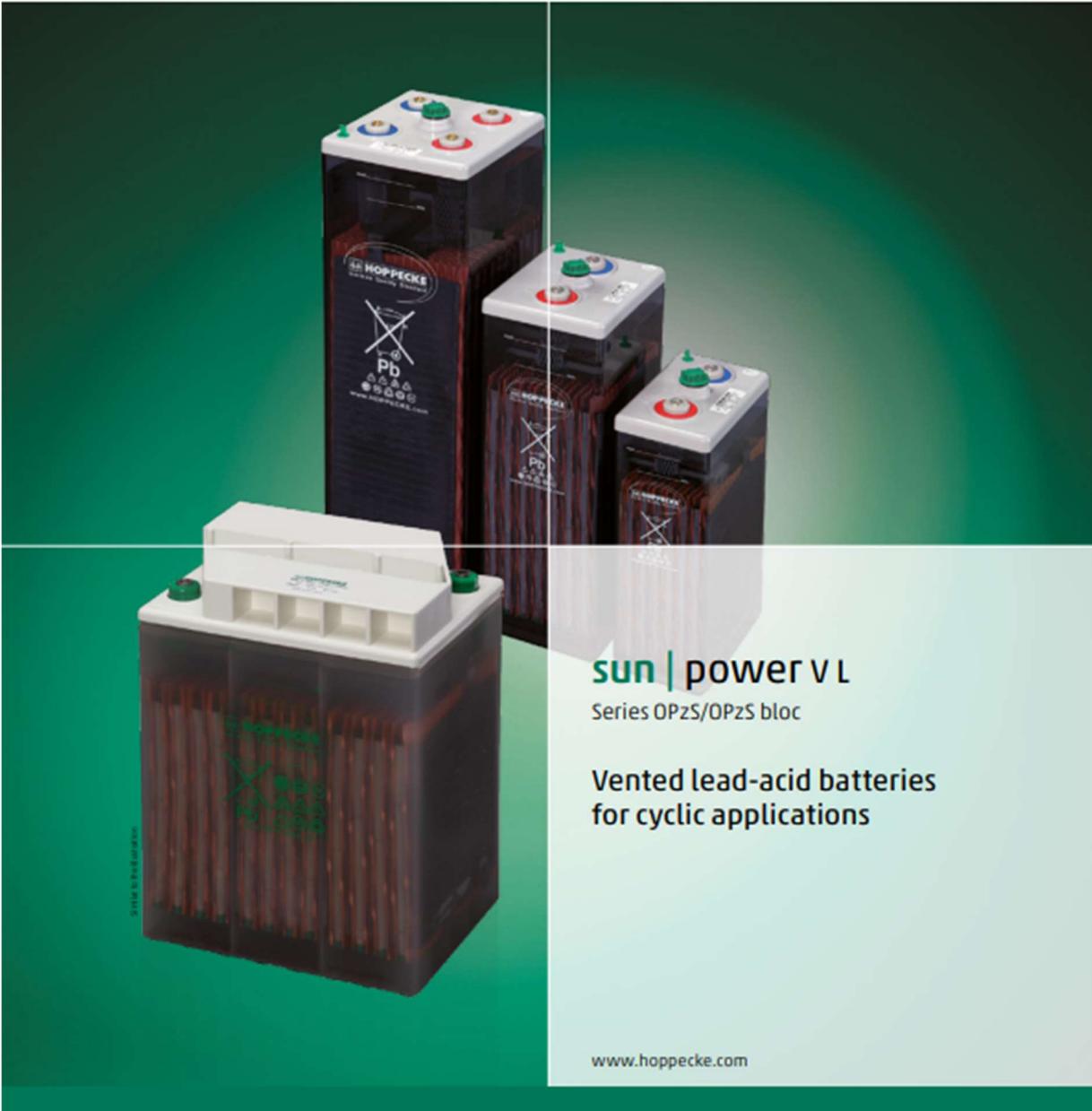
La Comisión Europea mantiene este web para facilitar el acceso público a la información sobre sus iniciativas y las políticas de la Unión Europea en general. Nuestro propósito es mantener la información precisa y al día. Trábenos de corregir los errores que se nos señalen. No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web. Aunque hacemos lo posible por reducir al mínimo los errores técnicos, algunas partes o informaciones contenidas en nuestra web pueden haberse creado o actualizado en versiones o formatos no exentos de dichos errores, y no podemos garantizar que esto no interfiera o afecte de alguna manera al servicio. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar este sitio o otros servicios con enlaces al mismo.
Para obtener más información, por favor visite https://ec.europa.eu/info/legal_notice_en

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2024.
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2024/08/24



Ficha técnica VIII. Hoja de datos de las baterías seleccionadas para la instalación fotovoltaica.



sun | power VL
Series OPzS/OPzS bloc

**Vented lead-acid batteries
for cyclic applications**

www.hoppecke.com



sun | power vL Series OPzS

Typical applications:

- Village power supplies
- Hybrid systems
- Peak Shaving/voltage stabilisation
- Stations for mobile communications
- Sustainable tourism
- Cathodic corrosion protection
- Pumping systems

Your benefits:

- Highest cycle stability during PSoC¹ operation – due to tubular plate design with efficient charge current acceptance
- Maximum energy efficiency by optimised electrolyte recirculation **sun | air** prepared as standard
- Maximum compatibility – dimensions according to DIN 40736-1
- Higher short-circuit safety even during the installation – based on HOPPECKE system connectors

sun | power vL Series OPzS bloc

Typical applications:

- Solar home storage systems
- Street lighting
- Signalling systems
- Medical care facilities
- Hybrid systems
- Stations of mobile communications

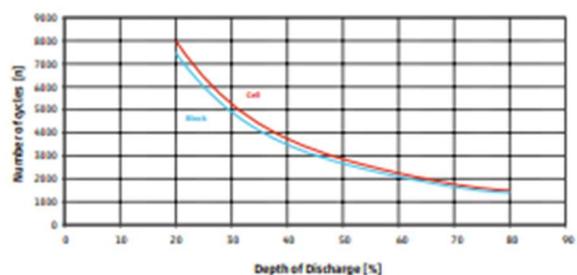
Your benefits:

- Very high cycle stability during PSoC¹ operation – due to tubular plate design with efficient charge current acceptance
- Maximum compatibility – dimensions according to DIN 40737-3
- Easy assembly and installation – battery lid with integral handle
- Higher short-circuit safety even during the installation – based on HOPPECKE system connectors



¹ Partial State of Charge

Service life in cycles and Depth of Discharge





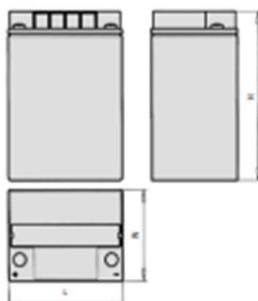
Capacities, dimensions and weights

Series OPzS bloc	Nominal voltage V	$C_{100}/1.85\text{ V}$ Ah	$C_{50}/1.85\text{ V}$ Ah	$C_{24}/1.83\text{ V}$ Ah	$C_{10}/1.80\text{ V}$ Ah	$C_5/1.77\text{ V}$ Ah	ca. Weight kg	Weight electrolyte kg (1.24 kg/l)	max.* Length L mm	max.* Width W mm	max.* Height H mm	Fig.
sun power vl 12-70	12	70	65	60	50	44	37.0	15.0	272	205	383	A
sun power vl 12-130	12	130	130	120	101	88	48.0	13.0	272	205	383	A
sun power vl 12-200	12	200	190	180	151	132	68.0	18.0	380	205	383	A
sun power vl 6-270	6	270	255	240	202	176	47.0	13.0	272	205	383	B
sun power vl 6-330	6	330	320	298	252	220	61.0	20.0	380	205	383	B
sun power vl 6-400	6	400	380	358	302	264	67.0	18.0	380	205	383	B
Series OPzS												
sun power vl 2-280	2	280	265	245	213	182	17.1	4.5	105	208	420	C
sun power vl 2-350	2	350	330	307	266	227	20.7	5.6	126	208	420	C
sun power vl 2-420	2	420	395	370	320	273	24.6	6.7	147	208	420	C
sun power vl 2-520	2	520	490	454	390	345	29.1	8.5	126	208	535	C
sun power vl 2-620	2	620	585	542	468	414	34.1	10.1	147	208	535	C
sun power vl 2-730	2	730	685	634	546	483	39.2	11.7	168	208	535	C
sun power vl 2-910	2	910	860	797	686	590	46.1	13.3	147	208	710	C
sun power vl 2-1070	2	1070	1002	930	801	691	59.1	16.7	215	193	710	D
sun power vl 2-1220	2	1220	1145	1063	915	790	63.1	17.3	215	193	710	D
sun power vl 2-1370	2	1370	1283	1192	1026	887	72.4	20.5	215	235	710	D
sun power vl 2-1520	2	1520	1425	1325	1140	985	76.4	21.1	215	235	710	D
sun power vl 2-1670	2	1670	1572	1459	1256	1086	86.6	25.2	215	277	710	D
sun power vl 2-1820	2	1820	1715	1591	1370	1185	90.6	25.8	215	277	710	D
sun power vl 2-2170	2	2170	2010	1843	1610	1400	110.4	32.7	215	277	855	D
sun power vl 2-2540	2	2540	2349	2163	1881	1632	142.3	46.2	215	400	815	E
sun power vl 2-2900	2	2900	2685	2472	2150	1865	150.9	45.9	215	400	815	E
sun power vl 2-3250	2	3250	3015	2765	2412	2097	179.1	56.4	215	490	815	F
sun power vl 2-3610	2	3610	3350	3072	2680	2330	187.3	55.7	215	490	815	F
sun power vl 2-3980	2	3980	3685	3382	2952	2562	212.5	67.0	215	580	815	F
sun power vl 2-4340	2	4340	4020	3696	3220	2795	221.2	66.4	215	580	815	F
sun power vl 2-4700	2	4700	4355	4004	3488	3028	229.6	65.4	215	580	815	F

C_{100} , C_{50} , C_{24} , C_{10} and C_5 = Capacity at 100 h, 50 h, 24 h, 10 h and 5 h discharge

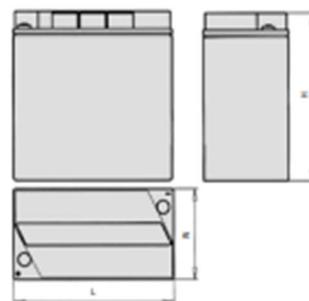
* According to DIN 40756-1 data to be understood as maximum values.

Fig. A Series OPzS bloc



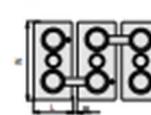
sun | power vl 12-70 -
sun | power vl 12-200

Fig. B Series OPzS bloc



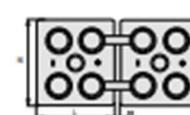
sun | power vl 6-270 -
sun | power vl 6-400

Fig. C Series OPzS



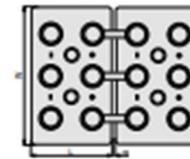
sun | power vl 2-280 -
sun | power vl 2-910

Fig. D Series OPzS



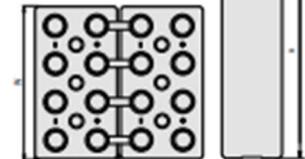
sun | power vl 2-1070 -
sun | power vl 2-2170

Fig. E Series OPzS



sun | power vl 2-2540 -
sun | power vl 2-2900

Fig. F Series OPzS



sun | power vl 2-3250 -
sun | power vl 2-4700

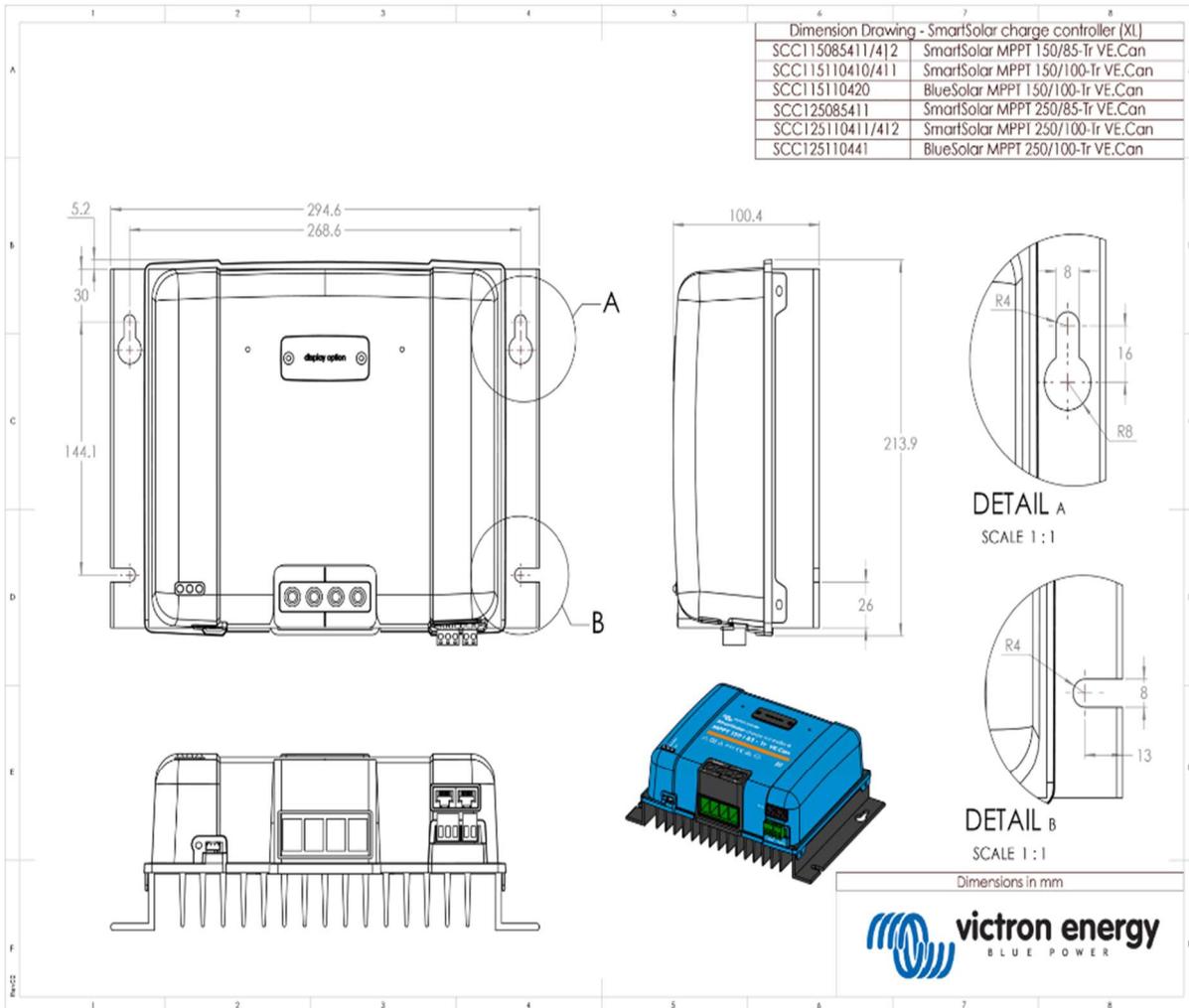
Optimal environmental compatibility -
closed loop for recovery of materials in an accredited recycling system
IEC 60896-11 - IEC 61427

Ficha técnica IX. Hoja de datos del regulador de carga seleccionado para la instalación.

9.1. Especificaciones 150/70, 150/85 y 150/100

	150/70	150/85 ⁷	150/100 ⁷
Tensión de la batería	12/24/48V ⁷ selección automática, 36 V: selección manual		
Corriente máxima de la batería ^{1a,b}	70 A	85 A	100 A
Potencia FV nominal, 12 V ^{1a,b}	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV nominal, 24 V ^{1a,b}	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV nominal, 36 V ^{1a,b}	3000 W	3600 W	4350 W
Potencia FV nominal, 48 V ^{1a,b}	4000 W	4900 W	5800 W
Máxima corriente de corto circuito FV ^{2,3}	50 A	70 A	
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo		
Eficiencia máxima	98 %		
Autoconsumo	12 V: menos de 35 mA / 48 V: menos de 20 mA		
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 V / 28,8 V / 57,6 V (ajustable)		
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 V / 27,6 V / 55,2 V (ajustable)		
Tensión de carga de "equalización" ⁴	Valores predeterminados: 16,2 V / 32,4 V / 64,8 V (ajustable)		
Algoritmo de carga	Multitapa adaptativo (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario		
Compensación de temperatura	-16 mV/°C / -32 mV/°C / -64 mV/°C		
Protección	Polaridad inversa FV/Cortocircuito de salida/Sobrettemperatura		
Temperatura de trabajo	-30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)		
Humedad	95 %, sin condensación		
Altitud máxima	5.000 m (potencia nominal completa hasta los 2.000 m)		
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados		
Grado de contaminación	PD3		
Comunicación de datos	Puertos VE.Can ⁵ Puerto VE.Direct ⁵		
Interruptor on/off remoto	Sí, conector de dos polos		
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA: 4 A hasta 240 V CA / CC nominal: 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC		
Funcionamiento en paralelo	Sí, funcionamiento en paralelo sincronizado con VE.Can (máx. 25 unidades) o Bluetooth (máx. 10 unidades).		

CARCASA												
Color	Azul (RAL 5012)											
Terminales FV	Modelos Tr: 35 mm ² / AWG2	Modelos Tr: 35 mm ² / AWG2										
	Modelos MC4: 2 pares de conectores MC4 ^{3,6}	Modelos MC4: 3 pares de conectores MC4 ^{3,6}										
Bornes de la batería	35 mm ² / AWG2											
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)											
Peso	3 kg	4,5 kg										
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm	Modelos Tr: 216 x 295 x 103 mm										
	Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm	Modelos MC4: 246 x 295 x 103 mm										
NORMATIVAS												
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2											
<p>1a) El cargador solar limitará la potencia de entrada si se conecta más potencia FV.</p> <p>1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1 V.</p> <p>2) Una corriente de cortocircuito más alta podría dañar el cargador solar en caso de conexión con polaridad inversa de los paneles FV.</p> <p>3) La corriente máxima por conector MC4 es de 30 A.</p> <p>4) Ecuilibración deshabilitada por defecto.</p> <p>5) Para más información sobre comunicación de datos véase el artículo sobre comunicación de datos de la sección de Información técnica de nuestro sitio web. Para especificaciones de VE.Can, véase el apartado Puertos VE.Can.</p> <p>6) Modelos MC4: se pueden necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares. Los conectores MC4 están conectados internamente en paralelo a un único rastreador MPPT.</p> <p>7) Tenga en cuenta que el listado de referencias siguiente es solo para el modelo de 12/24 V. No son para el de 36/48 V. Y aun cuando VictronConnect permite seleccionar 36 o 48 V, siguen sin poder venderse o usarse como tal. Según indican las etiquetas de la unidad, son solo para 12/24 V.</p>												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Modelo</th> <th>Referencia del artículo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SmartSolar 150/85-Tr VE.Can</td> <td>SCC115085412</td> </tr> <tr> <td>SmartSolar 150/85-MC4 VE.Can</td> <td>SCC115085512</td> </tr> <tr> <td>SmartSolar 150/100-Tr VE.Can</td> <td>SCC115110412</td> </tr> <tr> <td>SmartSolar 150/100-MC4 VE.Can</td> <td>SCC115110512</td> </tr> </tbody> </table>			Modelo	Referencia del artículo	SmartSolar 150/85-Tr VE.Can	SCC115085412	SmartSolar 150/85-MC4 VE.Can	SCC115085512	SmartSolar 150/100-Tr VE.Can	SCC115110412	SmartSolar 150/100-MC4 VE.Can	SCC115110512
Modelo	Referencia del artículo											
SmartSolar 150/85-Tr VE.Can	SCC115085412											
SmartSolar 150/85-MC4 VE.Can	SCC115085512											
SmartSolar 150/100-Tr VE.Can	SCC115110412											
SmartSolar 150/100-MC4 VE.Can	SCC115110512											



Ficha técnica X. Hoja de datos del inversor
seleccionado para la instalación fotovoltaica.



Inversor RS Smart Solar 48/6000

Con entrada 450 V/4000 W FV

www.victronenergy.com



Inversor RS Smart Solar 48/6000

Inversor solar desconectado de la red

El inversor RS Smart Solar 48/6000 es un inversor de 48 V y 6 kVA con entrada de 450 VCC y 4 kWp FV. Se usa en aplicaciones solares desconectadas de la red en las que se requiere CA.

Combinación de un inversor, un convertidor bidireccional CC-CC y un MPPT

El inversor produce una onda sinusoidal perfecta, capaz de alimentar dispositivos de alta potencia. Es suministrada por un convertidor bidireccional CC-CC, que puede cargar la batería cuando hay exceso de energía solar o convertir energía procedente de la batería cuando sea necesario.

Amplio rango de tensión MPPT

65 – 450 VCC, con una tensión de arranque de 120 VCC FV.

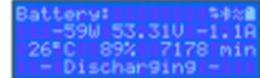
Ligero, eficiente y silencioso

Gracias a su tecnología de alta frecuencia y a su nuevo diseño, este potente inversor solo pesa 11 kg. Además, tiene una eficiencia excelente, bajo consumo de energía en reposo y un funcionamiento muy silencioso.

Pantalla y Bluetooth

La pantalla muestra parámetros de la batería, del inversor y del controlador de carga solar.

Se puede acceder a estos parámetros con un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth. Además, se puede usar Bluetooth para configurar el sistema y cambiar los parámetros con VictronConnect.



Puerto VE.Can y VE.Direct

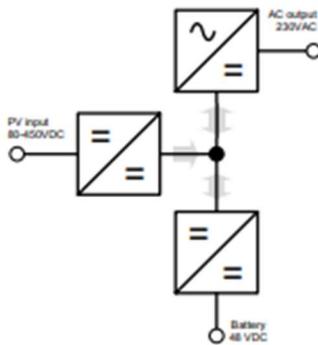
Conexión VE.Can a un dispositivo GX para monitorización del sistema, registro de datos y actualizaciones de firmware a distancia. Conexión VE.Direct a un GlobalLink S20 para monitorización de datos a distancia.

Puente de diodos PV integrado

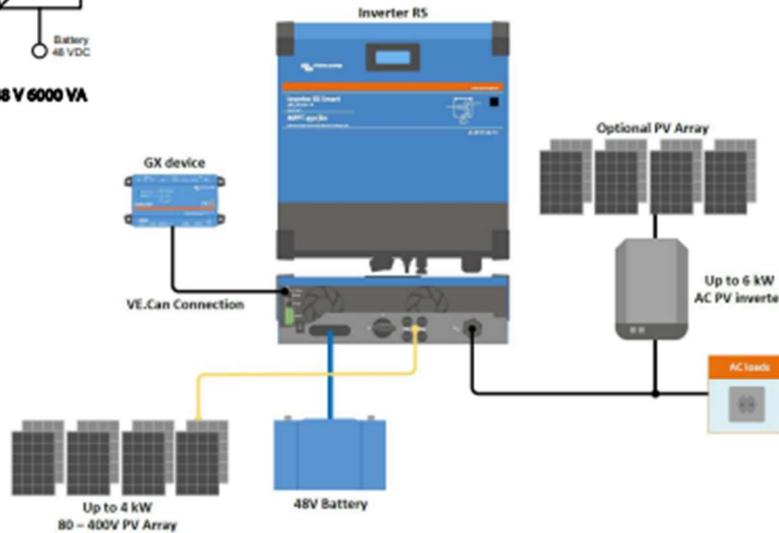
Las dos cadenas FV paralelas conectadas a las tomas MC4 pueden aislarse de forma segura con el interruptor integrado de gran tamaño situado en la parte inferior de la unidad.

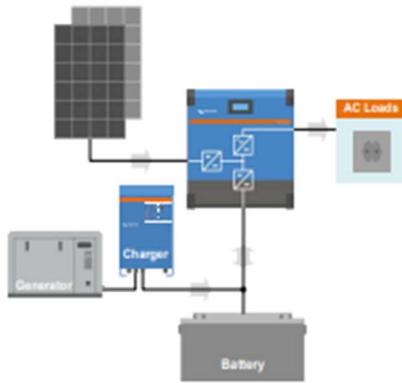
Conexiones I/O

Conexiones de relé programable, de sensor de temperatura y de tensión. También puede configurarse la entrada remota para que acepte el *smallBMS* de Victron.



Dentro del Inversor RS 48 V 6000 VA





Ejemplo de sistema con generador
Añade un generador y un cargador de baterías si se necesita potencia adicional.



Portal VRM
Cuando el inversor RS esté conectado a un dispositivo GX con conexión a Internet, podrá acceder a nuestro sitio web gratuito de seguimiento a distancia (VRM). Le mostrará todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Los ajustes del sistema pueden modificarse a distancia a través del portal. Se pueden recibir alarmas por correo electrónico.

Inversor RS Smart Solar		48/6000
INVERSOR		
Rango de tensión de entrada CC	38 – 62 V ¹⁾	
Salida	Tensión de salida: 230 VCA ± 2 % Frecuencia: 50 Hz ± 0,1% ¹⁾ Máxima corriente continua del inversor: 25 A CA Aumenta linealmente desde 4800 W a 46 VCC hasta 5300 W a 52 VCC	
Potencia continua de salida a 25 °C	4500 W	
Potencia continua de salida a 40 °C	3000 W	
Potencia pico	9 kW durante 3 segundos 7 kW durante 4 minutos	
Corriente de salida de cortocircuito	45 A	
Eficiencia máxima	96,5 % con una carga de 1 kW 94 % con una carga de 5 kW	
Consumo en vacío	20 W	
Apagado por batería baja	37,2 V (regulable)	
Reinicio por batería baja	43,6 V (regulable)	
SOLAR		
Tensión CC máxima	450 V	
Tensión CC nominal	300 V	
Tensión de arranque	120 V	
Rango de tensión de trabajo del MPPT	65 – 450 V ¹⁾	
Máxima corriente de entrada FV operativa	18 A ¹⁾	
Máx. corriente de cortocircuito FV para protección de polaridad inversa	20 A	
Máxima potencia de carga solar CC	4000 W	
Máxima corriente de cortocircuito FV (Inc. FV)	30 A	
Nivel de activación de fugas a tierra	30 mA	
Nivel de fallo de aislamiento (detección antes del arranque)	100 kΩ	
CARGADOR		
Rango de tensiones del cargador programable (VCC)	36 – 60 V ¹⁾	
Tensión de carga de "absorción" (VCC)	Valor predeterminado: 57,6 V (regulable)	
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	Valor predeterminado: 55,2 V (regulable)	
Máxima potencia de carga solar acoplada a CA	5000 W	
Máxima corriente combinada del cargador	100 A ¹⁾	
Sensor de temperatura de la batería	Incluido	
Sonda de tensión de la batería	Sí	
GENERAL		
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Se admiten 12 unidades en paralelo, en trifásico se admiten cuatro unidades por fase	
Relé programable ¹⁾	Sí	
Protección ¹⁾	A – G	
Puertos de comunicación de datos	Puerto VE.Direct y puerto VE.Can (**)	
Frecuencia del Bluetooth	2402 – 2480 MHz	
Potencia del Bluetooth	4 dBm	
Puerto de entrada analógico/digital de uso general	SI, 2	
On/Off remoto	Sí	
Rango de temperatura de trabajo	-40 a +65 °C (refrigerado por ventilador)	
Altitud máxima	2000 m	
Humedad (sin condensación)	máx. 95 %	
CARCASA		
Material y color	acero, azul RAL 5012	
Grado de protección	Clase de protección: IP21 I	
Conexión de la batería	Pernos M8	
Conexión de 230 VCA	Bornes de tornillo de 10 mm ² (6 AWG)	
Peso	11 kg	
Dimensiones (al x an x pl)	425 x 440 x 125 mm	
NORMATIVAS		
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2	
Emissiones, Inmunitad	EN 55014-1, EN 55014-2 EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3 IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3, Grado de contaminación 2	

1) Puede ajustarse a 60 Hz.
2) Clase de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería de estado alto d) tensión de la batería de estado bajo e) temperatura demasiado alta f) 230 VCA en la salida del inversor g) fuga a tierra del FV.
3) Relé programable que puede configurarse como alarma general, supervisión CC o función de arranque/apagado para el generador. Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 VCC y 1 A hasta 76 VCC.
4) El funcionamiento normal está fijado en 18 A, con una protección de polaridad inversa máxima de 20 A.
5) El rango de trabajo del MPPT también está limitado por la tensión de la batería - la VCC FV no debería ser superior a 6 veces la tensión de flotación de la batería, por ejemplo, una tensión máxima de la batería de 50 V debería tener como máximo un conjunto FV de 400 V. Véase el manual del producto para más información.
6) La tensión mínima de arranque es de 41 V. El apagado del inversor puede estar fijado hasta en 32 VCC, pero puede apagarse por baja tensión de salida CC (debido a la carga). La desconexión por tensión excesiva está fijada en 65,5 V.
7) El punto de referencia del cargador (flotación y absorción) puede fijarse en un máximo de 60 V. La tensión de salida en los terminales del cargador puede ser mayor, debido a la compensación de temperatura y a la compensación por la caída de tensión en los cables de la batería. La máxima corriente de salida se reduce de forma lineal de corriente completa a 60 V a 5 A a 62 V. La tensión de actualización puede fijarse en un máximo de 62 V y el porcentaje de corriente de actualización puede fijarse en un máximo del 6 %.
8) La máxima corriente de carga desde las fuentes CA y CC varía con las tensiones CA y CC. Véase el manual del producto para especificaciones más detalladas de la limitación de carga a estas variables.
9) El proceso de carga solar acoplada a CA precisa que se conecte un inversor FV externo en un circuito a la salida CA del inversor RS Solar.
10) Tenga en cuenta que solo se puede usar el puerto VE.Can para conectar un dispositivo GX. El puerto VE.Direct es apto para el Globalink S26.

Ficha técnica XI. Hoja de datos del magnetotérmico de la instalación fotovoltaica.

Hoja de características del producto

Especificaciones



Interruptor magnetotérmico, Acti9 iK60, 1P+N, 32A, Curva C, 6kA

A9K17632

Principal

Función	Para corriente > 0,1 A
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iKQ
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre abreviado del equipo	iK50N
Número de polos	1P + N
número de polos protegidos	1
posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	32 A en 30 °C
Tipo de red	AC
tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
código de curva	C
capacidad de corte	6000 A Icn en 230 V AC 50/60 Hz acorde a ENIEC 60898-1
poder de seccionamiento	Sí acorde a ENIEC 60898-1
Normas	ENIEC 60898-1
Certificaciones de producto	Aenor

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
límite de enlase magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	6000 A 100 % acorde a ENIEC 60898-1 - 230 V AC 50/60 Hz
clase de limitación	3 acorde a ENIEC 60898-1
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	440 V AC 50/60 Hz acorde a ENIEC 60898-1
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	4 kV acorde a ENIEC 60898-1
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicación de encendido/apagado
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Camil DIN
pasos de 9 mm	4
Altura	86 mm
Ancho	36 mm

Profundidad	78,6 mm
Peso del producto	200 g
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos
Descripción de las opciones de bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Terminal tipo túnel - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm ² rígido Terminal tipo túnel - tipo de cable: arriba o abajo) 1...16 mm ² flexible
longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm for arriba o abajo connection
par de apriete	2 N.m arriba o abajo
protección contra fugas a tierra	Sin

Entorno

Grado de protección IP	IP20 conforming to IEC 60629
Grado de contaminación	2 acorde a ENIEC 60898-1
Categoría de sobretensión	III
Temperatura ambiente de operación	-25...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad de paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	3,6 cm
Paquete 1 Ancho	6,2 cm
Paquete 1 Longitud	8,6 cm
Paquete 1 Peso	188 g
Tipo de unidad de paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	6
Paquete 2 Altura	8,8 cm
Paquete 2 Ancho	9,8 cm
Paquete 2 Longitud	21,8 cm
Paquete 2 Peso	1,176 kg
Tipo de unidad de paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	66
Paquete 3 Altura	30 cm
Paquete 3 Ancho	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm
Paquete 3 Peso	13,423 kg

Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

Sostenibilidad

La etiqueta **Green Premium™** es el compromiso de Schneider Electric para ofrecer productos con el mejor desempeño ambiental. Green Premium promete cumplir con las regulaciones más recientes, transparencia en cuanto al impacto ambiental, así como productos circulares y de bajo CO₂.

La **guía para evaluar la sostenibilidad de los productos** es un white paper que aclara los estándares globales de etiqueta ecológica y cómo interpretar las declaraciones ambientales.

[Obtenga más información sobre Green Premium >](#)

[Guía para evaluar la sostenibilidad del producto >](#)



Transparencia RoHS/REACH

Rendimiento de la sostenibilidad

 Conforme Con Reach Sin Svhc

 Sin Metales Pesados Tóxicos

 Sin Mercurio

 Información Sobre Exenciones De RoHS Sí

Certificaciones y estándares

Directiva RoHS Ue Conforme
[Declaración RoHS UE](#)

Normativa De RoHS China [Declaración RoHS China](#)
Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)

Comunicación Ambiental [Perfil ambiental del producto](#)

Raee En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Perfil De Circularidad No se necesitan operaciones de reciclaje específicas

Ficha técnica XII. Hoja de datos del diferencial de la instalación fotovoltaica.

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Interruptor diferencial Acti9 iID 2P 40A tipo Asi 30mA

A9R91240

Certificado: DC-E-S26-002.22 - IRAM

Principal

Gama	Acti 9
Nombre del Producto	Acti9 iID
Tipo de Producto o Componente	Disyuntor de corriente residual (RCCB)
Nombre Corto del Dispositivo	iID
Número de Polos	2P
posición de polo de neutro	Izquierda
corriente nominal	40 A
Tipo de red	CA
sensibilidad a la fuga a tierra	30 mA
retraso tiempo protec. pérdida a tierra	Instantáneo
prot. c. fuga a tier.(tabular)	Tipo A-SI

Complementario

Ubicación del Dispositivo en el Sistema	Salida
Frecuencia de Red	50/60 Hz
tensión asignada de empleo	220...240 V CA 50/60 Hz
tecnología de disparo corriente residual	Independiente tensión
capacidad de cierre y corte nominal	Idm 1600 A Im 1600 A
rated conditional short-circuit current	10 kA
tensión asignada de aislamiento	600 V CA 50/60 Hz
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 kV
indicación de contacto positivo	Sí
Tipo de Control	Palanca de conmutación
tipo de montaje	Clip-on
sopORTE de montaje	Camil DIN
pasos de 9 mm	4
Altura	91 mm
Ancho	36 mm
Profundidad	73,6 mm
peso del producto	0,21 kg

Color	Blanco
endurancia mecánica	20000 Ciclos
endurancia eléctrica	AC-1: 15000 Ciclos
descripción opciones bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
conexiones - terminales	Terminal único arriba o abajo1...36 mm ² rígido Terminal único arriba o abajo1...26 mm ² flexible Terminal único arriba o abajo1...26 mm ² flexible con férula
longitud de pelado de cable	14 mm for arriba o abajo connection
par de apriete	3,6 N.m arriba o abajo

Entorno

normas	EN / IEC 61008-1
grado de protección IP	IP20 conforming to IEC 60629 IP40 (envolvente modular) conforming to IEC 60629
Grado de contaminación	3
compatibilidad electromagnética	Resistencia a choque 8/20 µs, 3000 A conforme a EN / IEC 61008-1
temperatura ambiente	-25...60 °C
temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad de paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	4 cm
Paquete 1 Ancho	8,6 cm
Paquete 1 Longitud	9,6 cm
Paquete 1 Peso	230 g
Tipo de unidad de paquete 2	S03
Número de unidades en el paquete 2	64
Paquete 2 Altura	30,0 cm
Paquete 2 Ancho	30,0 cm
Paquete 2 Longitud	40,0 cm
Paquete 2 Peso	12,861 kg
Tipo de unidad de paquete 3	P12
Número de unidades en el paquete 3	432
Paquete 3 Altura	44,4 cm
Paquete 3 Ancho	80 cm
Paquete 3 Longitud	120 cm
Paquete 3 Peso	114,888 kg

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 Meses
---------------------	----------

Sostenibilidad

La etiqueta **Green Premium™** es el compromiso de Schneider Electric para ofrecer productos con el mejor desempeño ambiental. Green Premium promete cumplir con las regulaciones más recientes, transparencia en cuanto al impacto ambiental, así como productos circulares y de bajo CO₂.

La **guía para evaluar la sostenibilidad de los productos** es un white paper que aclara los estándares globales de etiqueta ecológica y cómo interpretar las declaraciones ambientales.

[Guía para evaluar la sostenibilidad de un producto >](#)



Transparencia RoHS/REACH

Desempeño basándose en el bienestar

✓ Sin Mercurio

✓ Información Sobre Exenciones De RoHS Sí

✓ Producto Con Contenido Plástico Sin Halógenos

Certificaciones y estándares

Directiva RoHS Ue Compatible con las excepciones

Normativa De RoHS China [Declaración RoHS China](#)
Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias

Comunicación Ambiental [Perfil ambiental del producto](#)

Perfil De Circularidad No se necesitan operaciones de reciclaje específicas

ANEXO PLANOS

ÍNDICE DEL ANEXO PLANOS

Plano I. Estructura y dimensiones de cubierta de la vivienda

Plano I. Estructura y dimensiones de cubierta de la vivienda

