



**Universidad  
Europea**

**UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID**

**ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO**

**ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Grado en Ingeniería en Sistemas Industriales**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Autoconsumo Energético en Viviendas:  
Energía Solar, Baterías y Movilidad Eléctrica**

**Alumno: Álvaro Castillo Ibero**

**Director: Luis Perezagua**

**JUNIO 2025**

**TÍTULO:** Autoconsumo Energético en Viviendas: Energía Solar, Baterías y Movilidad Eléctrica

**AUTOR:** Álvaro Castillo Ibero

**DIRECTOR DEL PROYECTO:** Luis Perezagua

**FECHA:** 16 de junio de 2025

## RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo el diseño de un sistema de autoconsumo fotovoltaico para una vivienda unifamiliar en la Comunidad de Madrid, incorporando almacenamiento con baterías de ion-litio y un punto de carga para vehículo eléctrico. Partiendo de un análisis detallado del consumo energético del hogar, se ha dimensionado una instalación con 15 paneles solares de 500 Wp, un inversor híbrido y un sistema de almacenamiento de 15 kWh.

Se ha utilizado software especializado como PVGIS y OpenSolar para simular la producción energética anual y modelar la instalación sobre el tejado real de la vivienda. También se ha considerado la integración de sensores IoT y soluciones de gestión energética avanzada para mejorar la eficiencia del sistema y su control por parte del usuario.

El análisis económico demuestra una alta rentabilidad del sistema, con una amortización estimada inferior a cinco años si se consiguieran las subvenciones públicas disponibles. Asimismo, se estima una reducción de más de dos toneladas anuales de CO<sub>2</sub>.

El trabajo concluye con un enfoque de sostenibilidad a largo plazo, proponiendo medidas de escalabilidad y mejora futura, y presentando un modelo replicable de transición energética en el ámbito residencial.

**Palabras clave:** Autoconsumo, fotovoltaica, almacenamiento, movilidad eléctrica y transición

## ABSTRACT

This project aims to design a photovoltaic self-consumption System for a single-family home located in the Community of Madrid, integrating lithium-ion battery storage and an electric vehicle charging point. Based on a detailed analysis of the household's energy consumption, the installation has been sized with 15 solar panels of 500 Wp each, a hybrid inverter, and a 15-kWh battery system, optimized to maximize self-consumption.

Specialized software tools such as PVGIS and OpenSolar have been used to simulate the annual energy production and model the installation over the actual rooftop layout. The system also includes IoT sensors and smart energy management solutions to improve overall efficiency and provide advanced user control.

The economic analysis reveals high profitability, with an estimated payback period of less than five years, mainly due to available public subsidies. Additionally, the system is expected to reduce more than 2 metric tons of CO<sub>2</sub> emissions annually.

The project concludes with a long-term sustainability perspective, proposing future scalability measures and improvements. It presents a replicable model for energy transition in residential environments, based on proven technologies and aligned with climate and energy efficiency goals.

# Índice

<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
<b>Capítulo 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	10
1.1 Contexto y relevancia del tema .....	10
1.1.1 Situación Internacional.....	10
1.1.2 Situación Nacional .....	10
1.2 Objeto del proyecto .....	11
1.3 Alcance del proyecto .....	11
1.4 Cronograma .....	12
<b>Capítulo 2. Marco teórico</b> .....	14
2.1 Principios básicos de la energía fotovoltaica.....	14
2.2 Tecnologías de paneles solares.....	16
2.2.1 Paneles tradicionales de silicio .....	16
2.2.2 Paneles de perovskite.....	17
2.3 Transformación de la corriente: inversores.....	18
2.4 Sistemas de almacenamiento de energía: baterías.....	19
2.5 Punto de carga de vehículos eléctricos: integración con sistemas fotovoltaicos.....	20
2.6 Normativa vigente relativa .....	21
<b>Capítulo 3. METODOLOGÍA</b> .....	24
3.1 Recopilación de datos .....	24
3.1.1 Ubicación geográfica .....	24
3.1.2 Características técnicas de la vivienda .....	25
3.1.3 Instalaciones energéticas de la vivienda .....	25
3.2 Análisis del consumo energético de la vivienda .....	26
3.3 Herramientas y software utilizados.....	26
3.3.1 PVGIS .....	27
3.3.2 OpenSolar .....	27
3.3.3 Excel.....	28

3.4	Justificación de la producción de la instalación fotovoltaica.....	28
3.4.1	Metodología de cálculo .....	29
3.4.2	Obtención de datos .....	29
3.4.3	Cálculo de la irradiación solar media anual.....	30
<b>Capítulo 4.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA .....</b>	<b>31</b>
4.1	Descripción de la vivienda y requerimientos energéticos.....	31
4.2	Selección de componentes del sistema.....	31
4.2.1	Paneles solares .....	32
4.2.2	Selección de componentes del sistema de montaje .....	35
4.2.3	Selección del inversor.....	37
4.2.4	Dimensionado del sistema de almacenamiento .....	41
4.2.5	Dimensionado del punto de carga para vehículos .....	45
4.3	Sensores IoT para la monitorización y control .....	46
<b>Capítulo 5.</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>48</b>
5.1	Inversión inicial del proyecto.....	48
5.2	Costes de operación y mantenimiento.....	49
5.3	Subvenciones aplicables .....	50
5.4	Indicadores financieros.....	51
5.4.1	Cálculo con subvenciones.....	51
5.4.2	Cálculo sin subvenciones.....	52
<b>Capítulo 6.</b>	<b>ANÁLISIS DE IMPACTO MEDIO AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD.....</b>	<b>53</b>
6.1	Evaluación de impacto ambiental.....	53
6.2	Estudio de impacto visual .....	54
6.3	Estudio de la vida útil del sistema.....	55
6.3.1	Reciclabilidad de los componentes .....	55
<b>Capítulo 7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>57</b>
7.1	Conclusiones principales.....	57
7.2	Recomendaciones futuras .....	58
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>59</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>62</b>

# Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Representación del efecto fotovoltaico en una célula solar (Fuente: Síliter Energías Renovables) .....	15
Ilustración 2: Esquema sistema fotovoltaico on-grid (Fuente: Ilumin Online) .....	15
Ilustración 3: Parque fotovoltaico en Zaragoza (Fuente: Renewable Solar Energies) .....	16
Ilustración 4: Inversor solar en instalación de autoconsumo (Fuente: Ogre Renovables) .....	19
Ilustración 5: Vehículo eléctrico cargando con punto de carga "Wallbox" (Fuente: Acciona Red) .....	20
Ilustración 6: Ubicación de la instalación (Fuente: imagen de stock modificada) .....	24
Ilustración 7: Zona climática de la instalación (Fuente: Certific) .....	24
Ilustración 8: Herramienta interactiva PVGIS (Fuente: PVGIS) .....	27
Ilustración 9: Previsualización del gestor de proyectos de OpenSolar (Fuente: OpenSolar).....	28
Ilustración 10: Irradiación solar media años 2013-2023 en la ubicación de la instalación (Fuente: PVGIS) .....	29
Ilustración 11: Estimación de la irradiación solar para 2024 y 2025 (Fuente: Elaboración propia) .....	30
Ilustración 12: Panel Solar JA Solar 500 W JAM66S30-500/MR (Fuente: JA Solar) .....	32
Ilustración 13: Panel Solar LONGi LR5-66HPH-500M (Fuente: LONGi) .....	33
Ilustración 14: Panel solar Risen RSM150-8-500BMDG (Fuente: Risen Solar Technologies) .....	34
Ilustración 15: Riel plateado 4/35 3600mm 800-1442 (Fuente: Mounting Systems GmbH).....	35
Ilustración 16: Anclaje para tejado acero inoxidable 180-7-45 800-0010 (Fuente: Mounting Systems GmbH) .....	36
Ilustración 17: Abrazadera intermedia acero inoxidable 30-40 mm 700-0800 (Fuente: Mounting Systems GmbH) .....	36
Ilustración 18: Abrazadera final acero inoxidable 30-40 mm 702-0196 (Fuente: Mounting Systems GmbH) .....	36
Ilustración 19: Conector de riel universal 4/35 602-0048 (Fuente: Mounting Systems GmbH). 37	
Ilustración 20: Tapa de riel 4/35 814-0425 (Fuente: Mounting Systems GmbH) .....	37
Ilustración 21: Inversor Huawei SUN2000-6KTL-L1 (Fuente: Huawei Solar).....	38
Ilustración 22: Inversor SMA Sunny Boy 6.0-1AV-41 (Fuente: SMA Solar Technology).....	39
Ilustración 23: Inversor Fronius Primo 6.0-1 (Fuente: Fronius) .....	40
Ilustración 24: Ejemplo ilustrativo de la justificación de necesidad de baterías en una instalación de autoconsumo (Fuente: IDAE).....	41
Ilustración 25: Batería Huawei LUNA2000-15-S0 (Fuente: Huawei Solar).....	42
Ilustración 26: Batería LG Chem RESU10H (Fuente: LG Chem).....	43
Ilustración 27: Batería BYD B-Box Premium HVM 13.8 (Fuente BYD).....	44
Ilustración 28: Tesla Wall Connector Gen 2 (Fuente: Tesla) .....	45
Ilustración 29: Ejemplo de visualización de la app FusionSolar (Fuente: Lumisolar).....	47
Ilustración 30: Dispositivo Victron Cerbo GX (Fuente: Victron Energy) .....	47
Ilustración 31: Operario limpiando paneles solares (Fuente: Limpiezas Sil) .....	49

---

Ilustración 32: Ejemplo de sistema fotovoltaico en cubierta de vivienda (Fuente: Masnorte Renovables).....	54
Ilustración 33: Planta de reciclaje de baterías en Granollers (Fuente: RETEMA) .....	56

# Índice de Tablas

Tabla 1: Cronograma del proyecto.....	13
Tabla 2: Resumen comparativo entre paneles de silicio y perovskita .....	17
Tabla 3: Especificaciones técnicas panel JAM66S30/MR (Fuente: JA Solar).....	33
Tabla 4: Especificaciones técnicas panel LR5-66HPH-500M (Fuente: LONGi) .....	33
Tabla 5: Especificaciones técnicas panel Risen RSM150-8-500BMDG (Fuente: Risen Solar Technologies) .....	34
Tabla 6: Especificaciones técnicas inversor Huawei SUN2000-6KTL-L1 (Fuente: Huawei Solar) 38	
Tabla 7: Especificaciones técnicas inversor SMA Sunny Boy 6.0-1AV-41 (Fuente: SMA Solar Technology).....	39
Tabla 8: Especificaciones técnicas inversor Fronius Primo 6.0-1 (Fuente: Fronius) .....	40
Tabla 9: Especificaciones técnicas batería Huawei LUNA2000-15-S0 (Fuente: Huawei Solar)...	42
Tabla 10: Especificaciones técnicas batería LG Chem RESU10H (Fuente: LG Chem).....	43
Tabla 11: Especificaciones técnicas batería BYD B-Box Premium HVM 13.8 (Fuente: BYD).....	44
Tabla 12: Especificaciones técnicas Tesla Wall Connector Gen 2 (Fuente: Tesla) .....	46

# Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Contexto y relevancia del tema

La transición hacia fuentes de energía renovables se ha convertido en una prioridad global para mitigar el cambio climático, garantizar la seguridad energética y promover el desarrollo sostenible. Entre las diversas tecnologías renovables disponibles hoy en día (eólica, fotovoltaica, hidráulica, geotérmica, etc.), la energía solar fotovoltaica destaca por su rápido crecimiento y potencial para satisfacer la demanda energética de manera limpia y eficiente.

### 1.1.1 Situación Internacional

A nivel mundial, la energía solar fotovoltaica ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), se espera que la capacidad de generación de energía renovable aumente desde los actuales **4250 GW** de potencia instalada, hasta casi **10000 GW para el año 2030**, con la energía solar fotovoltaica representando una parte significativa en ese incremento.

China lidera el mercado global de energía solar, con más del 35% de la capacidad fotovoltaica total instalada en su territorio. En 2023, China añadió **217 GW** de potencia instalada, alcanzando un total acumulado de 610 GW. El país continúa siendo pionero en el desarrollo y la implementación de tecnologías solares.

Por otro lado, en EEUU la potencia instalada ha experimentado un crecimiento constante. En 2023, la capacidad acumulada alcanzó los **140 GW**, con una producción estimada de 238 TWh, suficiente para abastecer **unos 22 millones de hogares**. Gracias a las políticas incentivas federales (*Inflation Reduction Act*), se esperaba un crecimiento del 25% en el año 2024. Además, se proyecta una generación de 286 TWh para el año 2025.

En cuanto al autoconsumo, a nivel internacional podemos ver que ha ganado relevancia estos últimos años. Países como Australia o Alemania lideran la adopción de sistemas de generación distribuidos en viviendas y pequeñas empresas. En Australia, cerca del **30% de los hogares cuentan con paneles solares instalados**, mientras que Alemania ha desarrollado una serie de políticas que facilitan la conexión a la red y el almacenamiento mediante baterías. Este fenómeno del autoconsumo responde a la necesidad de independencia energética y ahorro económico frente al aumento del precio de la electricidad.

### 1.1.2 Situación Nacional

España es uno de los países con mayor potencial solar fotovoltaico de Europa debido a sus excelentes datos de exposición solar. El territorio español recibe entre **1600 y 1950 kWh/m<sup>2</sup>** al año de radiación solar y una media de **2600 horas de luz solar**, superando significativamente los valores medios de otros países europeos. Más en concreto, las regiones Extremadura, Andalucía y Castilla-La Mancha, lideran la producción nacional aprovechando sus condiciones climáticas y horas de sol al día, contribuyendo generosamente al mix energético nacional.

En nuestro país hemos experimentado un notable avance en la adopción de energía solar fotovoltaica. En abril de 2024, la potencia instalada de energía solar fotovoltaica alcanzó los **26260 MW**, superando al gas y consolidándose como la segunda fuente de generación de energía eléctrica, solo por detrás de la energía eólica.

Este crecimiento en potencia instalada por supuesto se refleja en un aumento de la generación de energía. En julio de 2024, la energía fotovoltaica representó el **26% de la generación total**, con un incremento del 30% en comparación al mismo periodo de 2023. Además, en octubre de 2024, España superó la producción total de energía solar fotovoltaica de cualquier mes del año anterior, alcanzando un récord de **37551 GWh**.

En el ámbito del autoconsumo, España también ha experimentado un auge significativo. En 2023, la capacidad acumulada de las viviendas superó los 7 GW de potencia instalada, triplicando los valores de años atrás. Este crecimiento se ha visto impulsado por políticas nacionales y regionales, entre las que se encuentran por ejemplo la eliminación del impuesto al sol en 2018 y las subvenciones y ayudas europeas (como los fondos Next Generation EU).

En conclusión, a nivel nacional la implementación de la energía solar fotovoltaica ya sea a pequeña o gran escala, contribuye a descongestionar la red y disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> alineándose con los objetivos de sostenibilidad establecidos en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC).

## 1.2 Objeto del proyecto

El objeto de este proyecto es diseñar un sistema de energía solar fotovoltaica para una vivienda unifamiliar, integrando paneles solares, baterías de almacenamiento y un punto de carga para vehículos eléctricos. Se busca reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales, mejorar la eficiencia energética y optimizar el autoconsumo, contribuyendo a la transición hacia un modelo energético más sostenible y económicamente viable.

## 1.3 Alcance del proyecto

Este proyecto tiene como objetivo el diseño y análisis de un sistema fotovoltaico de autoconsumo para una vivienda unifamiliar, incorporando tecnologías innovadoras como, un sistema de almacenamiento con baterías y un punto de carga para vehículos eléctricos. **Se tomará como base datos reales del consumo energético de una vivienda**, lo que permitirá dimensionar adecuadamente la instalación y evaluar su impacto en términos de eficiencia y rentabilidad. Además, se considerará la normativa vigente en España para garantizar la viabilidad legal y técnica del proyecto.

El estudio incluirá la selección y dimensionado de los componentes principales, asegurando una integración óptima del sistema fotovoltaico con el sistema de almacenamiento y el cargador. **Se implementará un modelo de gestión inteligente del consumo energético**, mediante sensores IoT y sistemas de monitorización, lo que permitirá optimizar la producción, el almacenamiento y el uso de la energía generada.

**El alcance del proyecto también abarca un análisis de impacto ambiental y la sostenibilidad del sistema**, incluyendo una evaluación del ciclo de vida de los componentes y su reciclabilidad. Sin embargo, este estudio se limitará a un diseño teórico, sin abordar los temas de la instalación física. A pesar de ello, los resultados son perfectamente viables y con factibilidad de implementación.

## 1.4 Cronograma

El cronograma está diseñado para cumplir los tiempos de entrega y organizar el trabajo de tal manera que el desarrollo sea **eficiente y completo**. A continuación, se describe el trabajo necesario a cumplir organizado por semanas desde diciembre hasta junio, la fecha de entrega del proyecto.

Semana	Fecha	Tarea
1	02/12/2024	Búsqueda y recopilación de información
2	09/12/2024	Búsqueda y recopilación de información
3	16/12/2024	Redacción de la introducción y contextualización
4	23/12/2024	Navidad
5	30/12/2024	Desarrollo del marco teórico: Principios básicos de la energía
6	06/01/2025	Desarrollo del marco teórico: Tecnologías de paneles solares
7	13/01/2025	Desarrollo del marco teórico: Sistemas de almacenamiento de energía
8	20/01/2025	Desarrollo del marco teórico: Punto de carga de vehículos
9	27/01/2025	Entrega intermedia y revisión
10	03/02/2025	Desarrollo del marco teórico: Normativa vigente
11	10/02/2025	Recopilación de datos técnicos de la vivienda
12	17/02/2025	Análisis del consumo energético de la vivienda
13	24/02/2025	Desarrollo de la metodología y herramientas a utilizar
14	03/03/2025	Diseño del sistema: descripción de la vivienda y requerimientos energéticos
15	10/03/2025	Selección de componentes: Paneles solares, batería, inversor y punto de carga
16	17/03/2025	Integración de sensores IoT y estrategias de control
17	24/03/2025	Análisis económico: Coste inicial del proyecto
18	31/03/2025	Análisis económico: Subvenciones aplicables

19	07/04/2025	Análisis económico: Retorno de la inversión
20	14/04/2025	Análisis de impacto ambiental y sostenibilidad
21	21/04/2025	Análisis del sistema: Funcionamiento y eficiencia
22	28/04/2025	Análisis del sistema: Limitaciones de diseño
23	05/05/2025	Revisión con tutor
24	12/05/2025	Redacción de conclusiones y recomendaciones de mejora
25	19/05/2025	Preparación de la presentación
26	26/05/2025	Práctica y ajuste de la exposición oral
27	02/06/2025	Revisión final del documento
28	09/06/2025	Entrega final y presentación

*Tabla 1: Cronograma del proyecto*

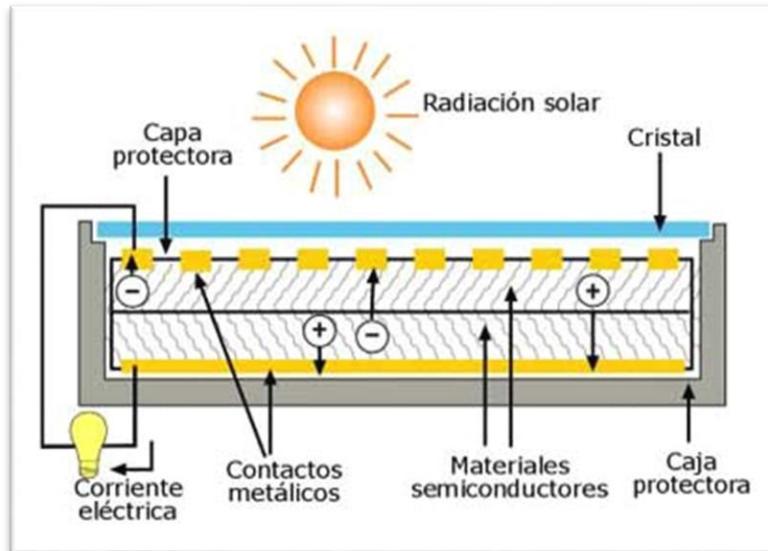
## Capítulo 2. Marco teórico

### 2.1 Principios básicos de la energía fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una de las principales fuentes de energía renovable como ya hemos visto anteriormente y se basa en la conversión de la radiación solar en electricidad mediante paneles solares. En los paneles ocurre el **efecto fotovoltaico**, este fenómeno ocurre en materiales semiconductores, principalmente el silicio, que al recibir fotones de luz liberan electrones generando una corriente eléctrica.

Los paneles solares fotovoltaicos están compuestos por **celdas fotovoltaicas**, que son dispositivos semiconductores diseñados para convertir la luz en electricidad. Su funcionamiento se basa en los siguientes principios:

- Absorción de la luz solar: Cuando la radiación solar impacta sobre una celda fotovoltaica, los fotones transfieren su energía a los electrones del material semiconductor.
- Generación de pares electrón-hueco: Los electrones excitados por los fotones adquieren la suficiente energía para liberarse de sus átomos y moverse dentro del material semiconductor, creando huecos que actúan como cargas positivas.
- Separación de cargas eléctricas: En la celda fotovoltaica existe un campo eléctrico interno generado por la unión de dos capas de material semiconductor con diferente tipo de dopado. Una capa tipo N, con exceso de electrones, y otra capa tipo P, con deficiencia de electrones (huecos).
- Generación de corriente eléctrica: Los electrones liberados se desplazan a través de un circuito externo, creando una corriente eléctrica continua.
- Conversión a corriente alterna: Dado que la mayoría de los sistemas eléctricos y electrónicos de la vivienda operan con corriente alterna, es necesario un inversor para transformar la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna útil.



*Ilustración 1: Representación del efecto fotovoltaico en una célula solar  
(Fuente: Síliter Energías Renovables)*

La eficiencia de los paneles solares está influenciada por varios factores clave. La ubicación geográfica determina la cantidad de radiación solar disponible. La inclinación y orientación de los paneles son cruciales para maximizar la captación de energía, por ejemplo, si estamos en el hemisferio norte tendremos que buscar una orientación hacia el sur. Las condiciones climáticas también pueden afectar al rendimiento; la temperatura, la nubosidad, la suciedad, la sombra y el mantenimiento influyen significativamente.

En cuanto a los tipos de sistemas que podemos encontrar, existen principalmente tres categorías. Los sistemas conectados a la red (*on-grid*) están vinculados a la red eléctrica y permiten vender el excedente de energía generada. Los sistemas aislados (*off-grid*) operan de manera independiente, utilizando baterías para almacenar la energía sobrante y son ideales para áreas sin acceso a la red eléctrica. Por último, los sistemas híbridos combinan ambas tecnologías.



*Ilustración 2: Esquema sistema fotovoltaico on-grid (Fuente: Ilumin Online)*

## 2.2 Tecnologías de paneles solares

Existen diversas tecnologías para la conversión de la energía solar en electricidad. Actualmente, los paneles de silicio son los más utilizados del mercado, sin embargo, nuevas tecnologías como los paneles de perovskita están ganando relevancia por su eficiencia y flexibilidad. A continuación, se detallan ambas tecnologías, destacando sus características, ventajas y desventajas.



*Ilustración 3: Parque fotovoltaico en Zaragoza (Fuente: Renewable Solar Energies)*

### 2.2.1 Paneles tradicionales de silicio

Los paneles solares fotovoltaicos convencionales están basados en células de silicio, un material semiconductor que permite que se produzca el efecto fotovoltaico. Existen dos tipos de paneles principalmente:

- Monocristalinos: fabricados a partir de una sola estructura cristalina de silicio y tienen una eficiencia de alrededor del 20%.
- Policristalinos: formados por múltiples cristales de silicio, tienen una fabricación más económica, pero con una eficiencia ligeramente inferior (15-18%).

Entre las **principales ventajas** de estos paneles tenemos que es una tecnología probada y consolidada con años de desarrollo, tienen alta durabilidad (entre 25-30 años), hay una amplia disponibilidad en el mercado para elegir y tienen una eficiencia relativamente alta en comparación con otras tecnologías solares.

Por otro lado, tenemos que son estructuras bastante rígidas, la fabricación del silicio requiere un gran consumo energético, lo que aumenta la huella de carbono inicial. Teniendo estos datos en cuenta, podemos deducir que los usos que se le dan a estos paneles son muy amplios, desde plantas solares a gran escala, a instalaciones residenciales, pasando por sistemas aislados en zonas rurales.

### 2.2.2 Paneles de perovskite

Los paneles de perovskita son una tecnología emergente basada en **perovskitas de haluro metálico**, un material semiconductor con excelentes propiedades para la absorción de luz. Esta tecnología ha ganado atención debido a su potencial de alta eficiencia y fabricación de bajo costo.

El funcionamiento básico de estos paneles es similar al de los paneles de silicio, sin embargo, las perovskitas tienen una estructura cristalina diferente, que les permite absorber luz en un espectro más amplio, es decir, ser más eficientes.

Como características ventajosas tenemos que, en laboratorios, se han alcanzado eficiencias de **hasta el 30%**, tienen menor coste de fabricación y desarrollan una mayor eficiencia en condiciones de poca luz. Como propiedad más destacable está la flexibilidad y ligereza debido al material, lo que permite su instalación en superficies curvas o en estructuras que no soportan tanto peso.

En cambio, estos paneles todavía están en una etapa temprana de desarrollo y no hay una comercialización masiva, además de que tienen una durabilidad y estabilidad limitada, ya que son más susceptibles a la degradación por la humedad y el oxígeno.

Esta tecnología no está muy desarrollada, como hemos dicho anteriormente, las aplicaciones se limitan a tejados ligeros, ventanas solares, dispositivos portátiles y vehículos eléctricos. También podemos encontrar sistemas híbridos combinados con los paneles de silicio (células tándem) aumentando así la eficiencia global del sistema.

Característica	Paneles de silicio	Paneles de perovskita
Eficiencia	18-22% (monocristalinos)	Hasta el 30% en laboratorios
Durabilidad	25-30 años	Actualmente inferior a 10 años
Coste de producción	Medio-alto	Bajo
Flexibilidad	Rígidos y pesados	Ligeros y flexibles
Fabricación	Procesos de alta temperatura	Procesos de baja temperatura
Uso comercial	Ampliamente disponible	En fase de desarrollo

*Tabla 2: Resumen comparativo entre paneles de silicio y perovskita*

## 2.3 Transformación de la corriente: inversores

Un inversor es un componente esencial en cualquier sistema de energía solar, ya que es el encargado de **transformar la corriente** continua (DC), generada por los paneles solares, en corriente alterna (AC), que es la forma de corriente eléctrica que consumen los hogares. Sin un inversor, la energía generada por los paneles no podría ser utilizada por los dispositivos eléctricos y electrodomésticos convencionales.

Funcionamiento de un inversor en un sistema fotovoltaico:

1. Recepción de la electricidad generada por los paneles solares:  
Los paneles fotovoltaicos convierten la luz solar en electricidad en forma de corriente continua. La tensión de salida de los paneles varía en función de la irradiancia solar y la temperatura.
2. Conversión de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC):  
El inversor utiliza transistores de potencia, como IGBT o MOSFET, para convertir la corriente continua en una corriente sinusoidal. Este proceso se realiza mediante una técnica llamada modulación por ancho de pulso (PWM), que permite generar una señal de la misma frecuencia que la de la red eléctrica, en el caso de España 50 Hz.
3. Optimización del rendimiento mediante MPPT (Maximum Power Point Tracking):  
Los inversores actuales incluyen algoritmos MPPT, que ajustan la tensión y corriente de los paneles solares para maximizar la potencia recibida en el inversor.
4. Sincronización con la red eléctrica:  
En nuestro caso, que es un sistema conectado a la red, el inversor sincroniza la frecuencia (50 Hz) y la fase de la corriente alterna (220V) generada con la de la REE para evitar problemas de compatibilidad y estabilidad.
5. Protecciones y seguridad:  
Los inversores incluyen mecanismos de protección contra sobretensiones, cortocircuitos y sobrecargas, asegurando el funcionamiento seguro del sistema fotovoltaico.

En el momento de seleccionar el inversor para nuestra instalación fotovoltaica vamos a tener que fijarnos en una serie de criterios que van a influir en la decisión de elegir entre uno u otro.



*Ilustración 4: Inversor solar en instalación de autoconsumo (Fuente: Ogre Renovables)*

Entre estos criterios que debemos tener en cuenta encontramos los siguientes; la potencia nominal del inversor (que debe coincidir con la que generen los paneles fotovoltaicos), el número de **MPPT** (los sistemas con paneles con tracker solar son más eficientes cuantos más MPPT tienen), la eficiencia de la conversión (cuanto más cercana al 100% mejor, guardando siempre la relación calidad-precio), la compatibilidad con las baterías, y normativa y certificaciones que deben cumplir en el lugar donde se instala.

## 2.4 Sistemas de almacenamiento de energía: baterías

En una instalación fotovoltaica de autoconsumo para una vivienda, la implementación de un **sistema de almacenamiento con baterías** es una solución clave para optimizar el uso de la energía generada. Esto se debe a que los paneles solares producen electricidad principalmente durante las horas centrales del día, pero en cambio el consumo doméstico ocurre por la mañana y por la noche, que es cuando las personas que viven en la casa realizan el gasto energético. Por esta razón, es esencial la instalación de un sistema de baterías para almacenar la energía excedente y maximizar el autoconsumo.

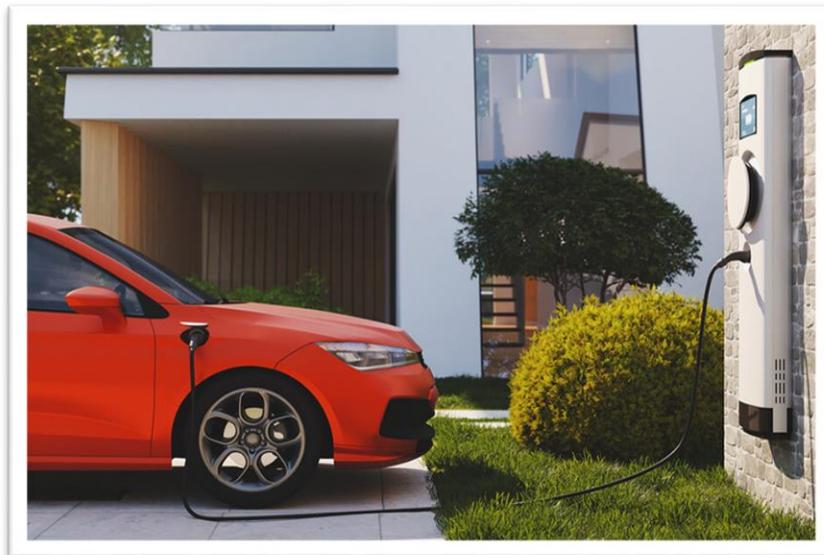
Los tipos de baterías que se utilizan en este tipo de instalaciones son dos principalmente, las de litio y las de plomo. Las **baterías de litio** son las más utilizadas en instalaciones modernas debido a su alta eficiencia, vida útil prolongada y mayor densidad energética, es decir, a menor volumen son capaces de ofrecer una mayor potencia. En cambio, este tipo de baterías suponen una mayor inversión inicial frente a las demás. Por otro lado, tenemos las **baterías de plomo**, este tipo de baterías son más tradicionales y se usan en sistemas aislados más habitualmente debido a su bajo coste y menor mantenimiento. En cambio, son menos eficientes, tienen una menor vida útil y requieren de un mayor espacio físico para ubicarlas.

Para la elección de las especificaciones de nuestra batería tenemos que fijarnos en una serie de criterios, el más importante de ellos, **la capacidad de almacenamiento**. La capacidad de almacenamiento de la batería (kWh) se elige en función del consumo medio de la vivienda y de

la producción solar disponible, no tiene sentido sobredimensionar la batería si luego no vamos a ser capaces de llenarlas con la producción que tengamos. Otro aspecto a tener en cuenta es la profundidad de descarga, es decir, cuanto puede vaciarse la batería sin afectar a su vida útil. En las baterías de litio esta descarga puede llegar hasta el 80% del total, en cambio en las de plomo es recomendable tenerlas siempre por encima del 50%. Finalmente, también habría que incluir en la ecuación especificaciones como ciclos de vida, eficiencia de carga-descarga o volumen físico de la batería.

## 2.5 Punto de carga de vehículos eléctricos: integración con sistemas fotovoltaicos

La movilidad eléctrica está en pleno auge, y su integración con instalaciones fotovoltaicas se ofrece como una solución habitual en el mercado, de manera eficiente y sostenible, con el objetivo de reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales. **Un punto de carga para vehículos eléctricos** conectado a una instalación fotovoltaica permite aprovechar la energía solar para alimentar el vehículo, reduciendo costes y emisiones de carbono.



*Ilustración 5: Vehículo eléctrico cargando con punto de carga "Wallbox" (Fuente: Acciona Red)*

En cuanto a los tipos de cargadores, tenemos varios modelos en función de la potencia de carga y la fuente de energía.

1. Modo de carga básica: o en enchufe convencional, conexión directa a una toma de corriente doméstica. Se caracteriza por una baja potencia (2'3 kW) y tiempos de carga elevados (alrededor de 12 horas para una batería típica de 40 kWh).
2. Modo de carga con adaptador de seguridad: es similar al anterior, pero con un dispositivo de control de carga que mejora la seguridad.
3. Modo de carga semirrápida (Wallbox): este tipo de cargadores es el más recomendado para instalaciones domésticas con sistema fotovoltaico. Utiliza un cargador específico

llamado “Wallbox” que gestiona y optimiza la carga. Permite potencias de hasta 22 kW, permitiendo tiempos de carga más cortos.

4. Modo de carga rápida en CC: este tipo no es aplicable a instalaciones domésticas. Funciona directamente en corriente continua y admite potencias de hasta 350 kW. Se usa principalmente en electrolineras.

En cuanto a la integración del punto de carga con el sistema fotovoltaico existen varias opciones. **La carga directa** desde los paneles solares es una mala opción porque solo podremos cargar el vehículo en las horas de producción solar, complementando con la red eléctrica cuando hiciera falta. Luego tenemos la opción de **cargar desde las baterías**. Esta opción es óptima porque permite cargar el vehículo en cualquier momento, pudiendo aun así complementar con la red eléctrica cuando hiciera falta.

En conclusión, la integración de un punto de carga de un vehículo eléctrico con un sistema fotovoltaico permite una mayor sostenibilidad, ahorro económico y optimización del consumo energético. Dependiendo de la infraestructura disponible, se pueden implementar distintos esquemas de conexión, priorizando siempre el uso de la energía solar y maximizando la eficiencia del sistema mediante herramientas de gestión inteligente. En este proyecto, se optará por un cargador tipo “Wallbox” con carga semirrápida, garantizando un sistema eficiente, flexible y adaptado a las necesidades de la vivienda.

## 2.6 Normativa vigente relativa

### I. Real Decreto 244/2019, del 5 de abril

El Real Decreto 244/2019 establece las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica en España, y es la principal normativa que regula este tipo de instalaciones. Este decreto define claramente las modalidades de autoconsumo, diferenciando entre instalaciones con excedentes (pueden vender energía a la red eléctrica) y sin excedentes (deben poseer sistemas antivertido). También introduce el sistema de compensación simplificada de excedentes, permitiendo que los usuarios reciban una compensación económica en la factura por la energía que generan y no consumen, siempre que se cumplan una serie de requisitos. Además, simplifica los trámites administrativos para **instalaciones de pequeña potencia** (hasta **15 kW** en suelo urbano) y elimina la obligación de firmar contratos adicionales con las distribuidoras en muchos casos.

Este decreto aplica directamente a nuestro caso, ya que se trata de una instalación fotovoltaica para autoconsumo residencial, conectada a la red y con previsión de excedentes con posibilidad de ser compensados económicamente. Además, al tener una potencia inferior a **15 kW** y estar ubicada en una vivienda unifamiliar en suelo urbano, puede acogerse al procedimiento simplificado, reduciendo los tiempos y costes administrativos. También establece los requisitos técnicos de conexión, el papel del

inversor y la posibilidad de incorporar sistemas de almacenamiento, como baterías, y de integración de un punto de carga para vehículo eléctrico, todos los elementos incluidos en este proyecto.

## II. Real Decreto-Ley 15/2018, del 5 de octubre

El Real Decreto-Ley 15/2018 marco un punto de inflexión en el desarrollo del autoconsumo en España. Esta norma, conocida popularmente como la eliminación del “**impuesto al sol**”, derogó los cargos que penalizaban la energía autoconsumida, permitiendo el uso de instalaciones solares sin costes adicionales injustificados. Además, reconoce el derecho al autoconsumo compartido, una figura que permite que varios usuarios compartan una única instalación fotovoltaica, algo especialmente útil en comunidad de vecinos o agrupaciones de viviendas.

Aunque este decreto-ley tuvo carácter de urgencia y fue posteriormente desarrollado más en detalle por el Real Decreto 244/2019, sigue siendo fundamental porque sentó las bases de la **liberalización del autoconsumo** fotovoltaico en España. En el contexto de este proyecto, este marco normativo permite que el propietario de la vivienda genere, almacene y consuma su propia energía sin cargas adicionales ni trabas legales. Además, respalda la integración de nuevas tecnologías como inversores híbridos, baterías o cargadores inteligente, fomentando un modelo energético más eficiente, flexible y respetuoso con el medio ambiente.

## III. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT). Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto

El REBT establece las **condiciones técnicas y de seguridad** que deben cumplir las instalaciones eléctricas de baja tensión (1 kV en CA). Dentro de este reglamento, la Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT-40, titulada “Instalaciones generadoras de baja tensión”, es especialmente relevante para instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo. Los aspectos más destacados que nos incumben de esta norma incluyen:

- Ámbito de aplicación: La ITC BT-40 se aplica a las instalaciones generadoras conectadas a redes interiores de baja tensión, incluyendo las fotovoltaicas destinadas al autoconsumo.
- Clasificación de las instalaciones: La ITC BT-40 distingue entre dos tipos de instalaciones, las autónomas y las interconectadas.
- Requisitos técnicos: La ITC BT-40 comprende las necesidades técnicas de este tipo de instalaciones en cuanto a protección y seccionamiento (deben contar con dispositivos de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y contactos indirectos, así como con medios de seccionamiento que permitan aislar la instalación generadora) y compatibilidad electromagnética (se deben tomar medidas para evitar interferencias electromagnéticas que puedan afectar a otros equipos o sistemas)

- *Esquemas de conexión*: La ITC BT-40 proporciona esquemas de conexión estándar para instalaciones generadoras, detallado la integración de inversoras, sistemas de almacenamiento y punto de conexión a la red.

IV. Código Técnico de la Edificación (CTE). Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo

El CTE establece las exigencias que deben cumplir los edificios e instalaciones en **materia de seguridad y habitabilidad**. Dentro de este código, el Documento Básico HE (Ahorro de Energía) es particularmente relevante para las instalaciones fotovoltaicas. Los puntos más influyentes son:

- *HE 0 – Limitación del consumo energético*: Establece que el **consumo de energía primaria no renovable** de los edificios no debe superar ciertos límites, promoviendo el uso de energías renovables, como la fotovoltaica en este caso, para satisfacer la demanda eléctrica.
- *HE 1 – Condiciones para el control de la demanda energética*: Define las características que debe tener la **envolvente térmica** del edificio para limitar las necesidades de energía, considerando factoras como la zona climática y el uso del edificio.
- *SUA 8 – Protección contra el rayo*: Las instalaciones fotovoltaicas en cubiertas deben cumplir con la exigencia básica SUA 8 del CTE, que trata sobre la protección frente **al riesgo causado por la acción del rayo**.

## Capítulo 3. METODOLOGÍA

### 3.1 Recopilación de datos

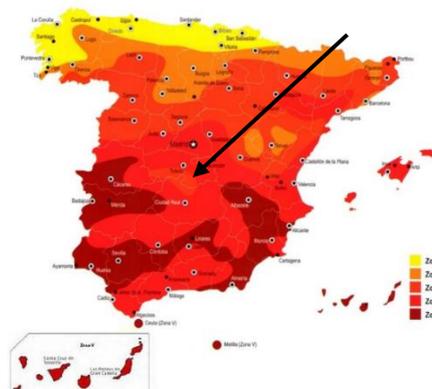
#### 3.1.1 Ubicación geográfica

La vivienda es una **vivienda unifamiliar** (chalet pareado) ubicado en la zona norte de la **Comunidad de Madrid**, una región caracterizada por su favorable potencial para la generación de energía solar fotovoltaica. La vivienda se ubica a **670 metros** sobre el nivel del mar.



*Ilustración 6: Ubicación de la instalación (Fuente: imagen de stock modificada)*

Según el Código Técnico de la Edificación CTE, la zona norte de Madrid se encuentra clasificada dentro de la **zona climática D3**, lo que indica una severidad media-alta en cuanto a las condiciones climáticas invernales y una severidad climática media en verano. Esta clasificación se utiliza en el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) para establecer los requisitos mínimos de eficiencia energética que deben cumplir los edificios.



*Ilustración 7: Zona climática de la instalación (Fuente: Certific)*

En cuanto al tema de radiación, la Comunidad de Madrid disfruta de una radiación solar media anual significativa, lo que la convierte en una ubicación propicia para la instalación de sistema de generación fotovoltaica. Según PVGIS, la irradiación solar media en Madrid es de aproximadamente **5'7 kWh/m<sup>2</sup>/día**. Esta cifra junto a las 2691 horas solar pico estimadas, confirmar la idoneidad de la ubicación para una instalación fotovoltaica de autoconsumo.

### **3.1.2 Características técnicas de la vivienda**

Es un edificio de dos plantas en forma rectangular, siendo la fachada de ladrillo de revoco exterior y viguerías de decoración. La cubierta está hecha de pizarra y tiene una inclinación de **15º aproximadamente**.

La vivienda consta de **272'68 m<sup>2</sup>** y se estructura en 4 pisos distribuidos de la siguiente forma; un semisótano (63'05 m<sup>2</sup>), dos plantas intermedias (94'55 m<sup>2</sup>) y una planta superior abuhardillada (20'53 m<sup>2</sup>).

El semisótano dispone de un espacio habilitado como trastero que es adecuado para la instalación de los inversores, baterías y sistemas de protección, garantizando una integración segura y eficiente del sistema fotovoltaico.

### **3.1.3 Instalaciones energéticas de la vivienda**

La vivienda objeto del estudio cuenta con una infraestructura energética convencional, típica en muchas viviendas unifamiliares en España, **que combina el uso de combustibles fósiles y el suministro de la red eléctrica**. Esta configuración es la que se busca modificar para transicionar hacia un modelo más sostenible y eficiente.

Actualmente, la vivienda dispone de un sistema de calefacción y producción de ACS mediante **caldera de gas natural**. Este tipo de instalación implica una dependencia directa de combustibles fósiles, con su correspondiente impacto en términos de **emisiones de CO<sub>2</sub>** y costes económicos sujetos a la volatilidad del mercado. Este aspecto refuerza la motivación del proyecto, ya que uno de los objetivos es **reducir esa dependencia** a través del uso de energías renovables.

En cuanto al sistema eléctrico de la vivienda, tiene una **instalación monofásica de 220V**, estándar nacional. La potencia contratada es de **7000 W (7 kW)**, suficiente para cubrir el consumo habitual de electrodomésticos, iluminación, sistemas de climatización y demás dispositivos que consuman electricidad. Este dato de potencia contratada es el que vamos a utilizar posteriormente para dimensionar la instalación fotovoltaica que cubra la parte de la demanda energética de la vivienda.

Además, esta configuración es adecuada para la instalación de inversor monofásico y para la integración de una batería, permitiendo el funcionamiento del sistema en **modalidad de autoconsumo con excedentes**.

## 3.2 Análisis del consumo energético de la vivienda

Para dimensionar correctamente el sistema fotovoltaico, es esencial **conocer el consumo energético anual de la vivienda**, tanto en términos de potencia como de horas de uso de los principales electrodomésticos y equipos eléctricos. A continuación, se detalla una estimación basada en los dispositivos principales del hogar. Se diferencian también los **consumos que varían estacionalmente**, como el aire acondicionado, que se utiliza mayoritariamente en los meses de verano.

Entre los principales consumidores de energía se encuentran **dos neveras**, que tienen que estar operativas las 24 horas, con un consumo estimado de 7'2 kWh diarios, lo que supone una parte importante de la demanda base de la vivienda. También destacan el uso de la **lavadora y secadora**, con un consumo estimado de 2 kWh al día. Otros elementos de consumo habitual incluyen los televisores, el microondas, una vitrocerámica, un ordenador de torre y el sistema de iluminación, se estiman alrededor de 2 kWh diarios.

En cuanto a los meses de verano, se estima un crecimiento notable en el consumo debido al uso del **aire acondicionado**, presente tanto en la planta baja (sistema centralizado) como en cada una de las habitaciones (5 splits individuales). El consumo total estimado de estos sistemas en verano asciende a uno 7 kWh diarios, lo que representa un impacto considerable en la curva de consumo.

Además de estos consumos habituales, la vivienda contará con un **punto de carga para vehículo eléctrico**, concretamente un Tesla Model 3, cuya batería tiene una capacidad aproximada de 60 kWh. Se instalará un Tesla Wall Connector, configurado en modo monofásico (220 V), con una potencia máxima de carga de 7'4 kW. Sin embargo, dado que la potencia contratada de la vivienda es de **7 kW**, no es posible alcanzar esa potencia de carga de máxima sin riesgo de que salte el ICP (Interruptor de Control de Potencia).

Para evitar este problema, tenemos una fácil solución, una de ellas es **aumentar la potencia contratada** con la distribuidora, implica un pequeño trámite y tiene un coste muy reducido.

En el **Anexo VI** se incluye una **tabla detallada** con todos los consumos diarios, mensuales y anuales estimados para cada dispositivo eléctrico, que servirá como base para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y el dimensionado del sistema de almacenamiento.

## 3.3 Herramientas y software utilizados

Para el desarrollo del proyecto se han empleado **distintas herramientas informáticas** que permiten realizar tanto la simulación energética, como el diseño técnico del sistema fotovoltaico, así como los cálculos económicos y de consumo. Todas ellas son de acceso gratuito y están ampliamente utilizadas en el mundo industrial.

### 3.3.1 PVGIS

PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*) es una herramienta gratuita desarrollada por la Comisión Europea que permite calcular el potencial fotovoltaico de una ubicación específica en función de datos climáticos reales. En este proyecto he utilizado PVGIS para:

- Determinar la irradiación solar media mensual en la ubicación concreta de la vivienda
- Estimar la producción energética mensual y anual de la instalación en función de la orientación, inclinación de la cubierta y pérdidas por temperatura
- Consultar una base de datos realista para comparar con los consumos estimados y ajustar el dimensionado correctamente

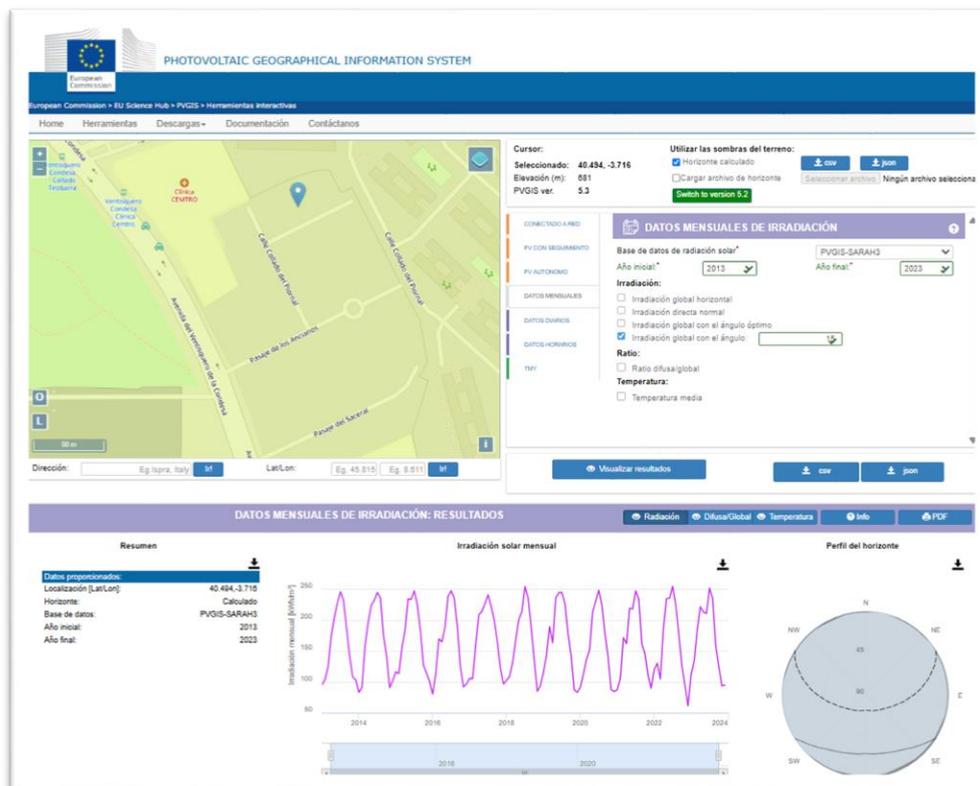


Ilustración 8: Herramienta interactiva PVGIS (Fuente: PVGIS)

### 3.3.2 OpenSolar

OpenSolar es un software online gratuito que permite **diseñar sistemas fotovoltaicos** sobre imágenes satelitales de tejado real de la vivienda. En este proyecto se ha utilizado con herramienta central para la elaboración del proyecto técnico, con los siguientes fines:

- **Diseño visual** de la disposición de los paneles solares sobre la cubierta
- Selección de componentes principales como paneles, inversores, baterías y estructuras de montaje
- Estimación del coste de los materiales
- **Obtención de una simulación energética complementaria**, que incluye producción estimada, pérdidas por orientación o sombras y ahorro económico esperado

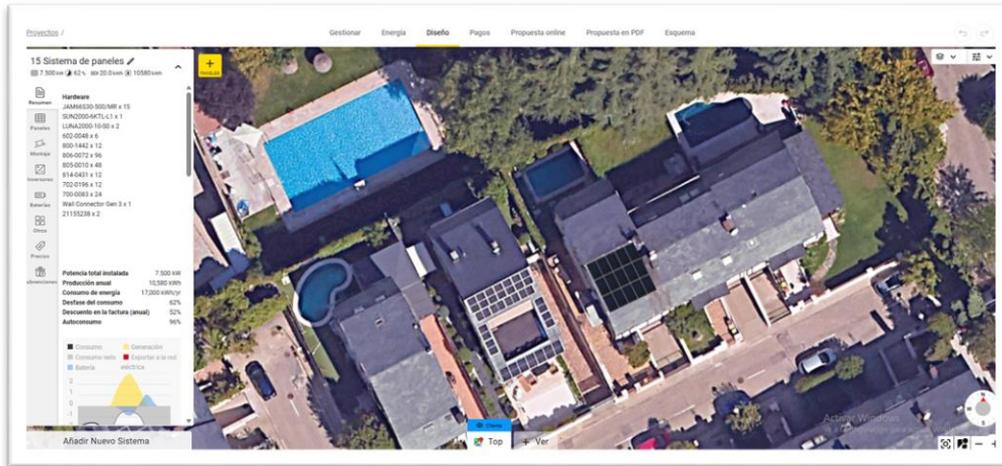


Ilustración 9: Previsualización del gestor de proyectos de OpenSolar (Fuente: OpenSolar)

### 3.3.3 Excel

Las hojas de cálculo han sido utilizadas para realizar dos tareas fundamentales en el proyecto:

- Se ha creado un **modelo económico** que incluye el presupuesto estimado, el análisis de costes, el cálculo del retorno de la inversión (ROI) y un estudio de diferentes escenarios económicos como variación del precio de la electricidad o posibles subvenciones
- Por otro lado, se ha utilizado Excel como herramienta para **calcular el análisis del consumo energético de la vivienda**, permitiendo desglosar los consumos de los distintos dispositivos eléctricos, estimar el consumo, diario mensual y anual, y representarlo gráficamente

## 3.4 Justificación de la producción de la instalación fotovoltaica

En este capítulo se desarrolla una **justificación detallada de la producción anual** esperada para el sistema diseñado, utilizando datos reales de irradiación solar y una metodología reconocida por la Comisión Europea a través de su herramienta PVGIS.

El objetivo es obtener **una estimación realista** de la energía eléctrica que será generada anualmente por los 15 módulos fotovoltaicos instalados, considerando las condiciones climáticas específicas de la ubicación, las características del sistema y las posibles pérdidas. Además, se ha calculado una proyección futura del recurso solar **en función de los datos de irradiación proporcionados por PVGIS**, lo que proporciona una base sólida para validar el rendimiento esperado del sistema a medio plazo.

### 3.4.1 Metodología de cálculo

Para estimar la producción energética anual del sistema fotovoltaico, se ha utilizado la fórmula recomendada por la Comisión Europea en la documentación oficial del sistema PVGIS:

$$E = H \cdot P_{inst} \cdot PR$$

Donde:

- E: Energía eléctrica producida (kWh/año)
- H: Irradiación solar anual en el plano del generador (kWh/m2)
- Pinst: Potencia pico instalada (kW)
- PR: Performance Ratio, coeficiente de pérdidas totales del sistema (inversor, temperatura, orientación, sombras, etc.)

La correcta aplicación de esta fórmula permite realizar una estimación teórica de producción fiable y aceptada en el ámbito académico y técnico, basada en los datos meteorológicos reales de la ubicación analizada.

### 3.4.2 Obtención de datos

Los valores de irradiación solar, potencia pico del sistema y coeficiente de pérdidas del sistema se obtienen de distintas formas. A continuación, procedemos a explicar **cómo hemos obtenido** cada parámetro necesario para poder calcular la energía eléctrica producida.

- Irradiación solar media anual (H): utilizamos los datos proporcionados por la herramienta PVGIS para estimar un valor de **irradiación solar media** para el año 2025.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	95,38	83,05	116,42	80,32	105,95	102,66	115,67	91,65	87,50	119,96	112,02
Febrero	103,87	91,14	113,90	113,49	105,54	108,95	143,78	112,59	106,01	130,43	134,11
Marzo	124,32	157,87	155,22	169,76	161,35	131,58	189,40	137,14	171,52	104,77	184,70
Abril	174,25	195,44	183,44	165,09	208,43	168,36	163,58	151,50	162,03	186,37	221,42
Mayo	202,93	223,74	233,89	188,21	214,11	200,84	235,73	212,99	218,93	234,54	212,94
Junio	227,57	231,60	233,45	238,21	226,28	213,49	244,09	230,59	217,99	235,30	210,51
Julio	245,49	244,41	247,05	247,11	240,67	254,17	244,41	247,81	247,03	254,39	251,53
Agosto	232,10	236,41	224,41	235,32	221,82	236,05	226,75	224,04	233,94	225,22	234,52
Septiembre	186,69	174,77	183,72	190,16	200,18	189,29	178,24	178,18	161,85	177,07	158,49
Octubre	141,93	142,95	127,20	124,86	165,72	136,65	143,02	141,03	145,62	126,71	124,80
Noviembre	107,84	90,83	114,49	91,90	122,74	84,89	87,31	87,78	110,84	94,70	93,61
Diciembre	103,37	101,97	100,63	96,83	96,69	93,53	83,12	84,52	89,98	61,30	95,14
Total anual	1945,74	1974,18	2033,82	1941,26	2069,48	1920,46	2055,10	1899,82	1953,24	1950,76	2033,79

Ilustración 10: Irradiación solar media años 2013-2023 en la ubicación de la instalación (Fuente: PVGIS)

Con estos datos, en Excel hemos utilizado la siguiente fórmula para obtener un pronóstico de la irradiación que habrá en 2025: =PRONOSTICO.LINEAL(x; rango\_y; rango\_x). Siendo “x” el año pronosticado, “rango\_y” el rango de valores mensual de todos los años, y “rango\_x” el rango de valores de los años 2013-2023. Aplicando esa fórmula obtenemos los siguientes valores: 1980, 20 kWh/m2 para 2024 y 1980,27 kWh/m2 para 2025. Por lo tanto, hemos seleccionado un valor medio de **1980 kWh/m2 anuales** para los siguientes años.

Pronóstico 2024	Pronóstico 2025
110,59	112,19
132,41	135,33
158,94	159,86
183,45	184,02
222,78	223,87
221,86	220,82
251,74	252,43
228,87	228,67
166,60	164,39
133,55	132,77
92,80	91,79
76,61	74,12
1980,20	1980,27

*Ilustración 11: Estimación de la irradiación solar para 2024 y 2025 (Fuente: Elaboración propia)*

- **Potencial nominal instalada (Pinst):** el sistema fotovoltaico está formado por 3 líneas de 5 paneles de 500 Wp, es decir, **7'5 kW de potencia pico instalada**.
- **Performance Ratio (PR):** este valor para instalaciones domésticas de autoconsumo suele estimarse entre 0'75 y 0'85. Este coeficiente sirve para calcular las **pérdidas del sistema** por las pérdidas del inversor, las pérdidas por temperatura, sombras, etc. En este caso vamos a seleccionar **0'8**, es decir, unas pérdidas a medio-largo plazo del 20%.

### 3.4.3 Cálculo de la irradiación solar media anual

Aplicamos la fórmula recomendada de PVGIS, mencionada anteriormente:

$$E = H \cdot P_{inst} \cdot PR$$

$$E = 1980 \text{ kWh/m}^2 \cdot 7'5 \text{ kW} \cdot 0'8 = \mathbf{11.880 \text{ kWh al año}}$$

Este valor se encuentra alineado con los resultados obtenidos en la simulación energética de OpenSolar, que arrojaban una producción anual **estimada de 11.000 kWh/año**. Esta doble validación, teórica y empírica refuerza la fiabilidad del diseño propuesto.

La instalación fotovoltaica diseñada tiene una capacidad de generación suficiente para cubrir una parte muy significativa del consumo eléctrico anual de la vivienda, **estimado en 17.000 kWh**. La estimación teórica de producción anual – basada en los datos de irradiación PVGIS y el modelo de calculo reconocido por la Comisión Europea – proporciona un valor de 11.880 kWh/año, alineado con las simulaciones energéticas realizadas en OpenSolar.

## Capítulo 4. DISEÑO DEL SISTEMA

### 4.1 Descripción de la vivienda y requerimientos energéticos

La vivienda objeto de estudio es un **edificio unifamiliar** aislado de cuatro plantas, ubicado en la Comunidad de Madrid. La superficie total construida es de **272'86 m<sup>2</sup>**, distribuyéndose en un semisótano, dos plantas intermedias y una planta superior abuhardillada. La cubierta principal, destinada a la instalación fotovoltaica, esta **inclinada aproximadamente 15º** y orientada hacia el sureste (**Ángulo azimut -25º desde el sur**), lo que la convierte en una superficie idónea para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica.

El análisis de los consumos energéticos de la vivienda, realizado a partir del desglose por equipos y electrodomésticos, arrija un **consumo eléctrico anual aproximado de 17.000 kWh**, incluyendo el uso continuado de dos frigoríficos, sistemas de climatización, pequeños electrodomésticos, iluminación, etcétera. Este valor representa una **demanda significativa**, especialmente en los meses de verano, motivada por el tamaño de la vivienda y la cantidad de gente que reside en la vivienda.

Dado que la superficie útil disponible en la cubierta es limitada, el enfoque del diseño adoptado se basa en instalar el mayor número posible de módulos fotovoltaicos sobre el tejado, con el **objetivo de maximizar la producción renovable** dentro de las posibilidades físicas de la infraestructura.

Aunque **no se logra cubrir la totalidad de la demanda energética de la vivienda**, se plantea un sistema dimensionado para aprovechar al máximo el recurso solar disponible. En consecuencia, el sistema de baterías de almacenamiento se dimensionará en función de la capacidad de generación de los paneles, de manera que permita almacenar los excedentes solares durante el día para su utilización en los momentos de baja o nula producción, optimizando el autoconsumo y reduciendo la dependencia de la red eléctrica.

### 4.2 Selección de componentes del sistema

Como he mencionado anteriormente, para el apartado de selección y configuración de los componentes que componen el sistema fotovoltaico vamos a apoyarnos en el software OpenSolar y comparar varias opciones en cada tipo de componente del sistema. Este programa te ayuda a **diseñar la instalación sobre tu tejado real con vista satelital**, a seleccionar paneles, inversores y baterías reales de fabricantes conocidos y a obtener esquemas, rendimientos estimados y precios de mercado orientativos.

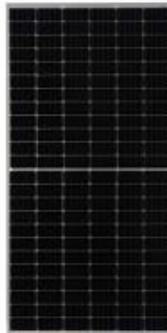
### 4.2.1 Paneles solares

En esta sección se analizan y comparan tres modelos de **paneles solares monocristalinos** de 500 Wp disponibles en el mercado español, con el objetivo de seleccionar el más adecuado para la instalación fotovoltaica. La elección final de basará en criterios técnicos, económicos y compatibilidad.

Durante las fases iniciales del proyecto se evaluó la posibilidad de utilizar **paneles solares de perovskita** como tecnología principal del sistema, dado su potencial en términos de eficiencia, flexibilidad e integración arquitectónica. No obstante, tras analizar el estado actual del mercado, se concluyó que los módulos de perovskita todavía no están disponibles comercialmente de forma estable, fiables y asequible para instalaciones residenciales. Por tanto, aunque se ha considerado como línea de investigación y mejora futura, la selección definitiva se ha realizado sobre todo **tecnología fotovoltaica convencional** de silicio monocristalino, ampliamente contrastada y disponible en el mercado.

#### 4.2.1.1 Panel JA Solar JAM66S30-500/MR

Como una posible opción hemos seleccionado el modelo **JA Solar JAM66S30-500/MR**, con una potencia unitaria de 500 Wp, y se han dispuesto 15 paneles, lo que proporciona una **potencia pico instalada total de 7'5 kWp**.



*Ilustración 12: Panel Solar JA Solar 500 W JAM66S30-500/MR (Fuente: JA Solar)*

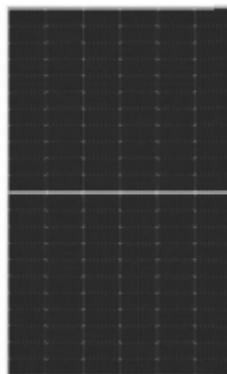
Los módulos se ubican sobre una **cubierta inclinada a 15º y orientada hacia el sureste**, condiciones muy favorables para la captación y aprovechamiento solar. Según los cálculos realizados y contrastadas por el software OpenSolar, se estima una producción anual de aproximadamente **11.880 kWh**, lo que permite cubrir una parte sustancial del consumo anual de la vivienda, especialmente cuando se complementa con un sistema de almacenamiento. La configuración busca **maximizar el autoconsumo** dentro de los límites físicos disponibles en la cubierta, contribuyendo significativamente a la reducción de la dependencia de la red y búsqueda del ahorro energético a largo plazo.

Tipo de célula	Monocrystalina
Peso	26'3 kg
Dimensiones	2094 mm x 1134 mm x 35 mm
Tamaño del cable	4 mm <sup>2</sup> (IEC)
Eficiencia del módulo	21'1%
Voltaje máximo	1500 V (CC)
Temperatura de operación	-40°C a +85°C

*Tabla 3: Especificaciones técnicas panel JAM66S30/MR (Fuente: JA Solar)*

#### 4.2.1.2 Panel LONGi Solar LR5-66HPH-500M

El panel **LR5-66HIH-500M de LONGi Solar** es una opción de alta eficiencia que incorpora tecnología de células monocrystalinas tipo M10 y diseño de media celda. Este modelo ofrece una potencia nominal de 500 Wp y se caracteriza por su excelente rendimiento en condiciones de baja irradiancia. Al tener la misma potencia que el panel de JA Solar, también estaríamos hablando de 15 paneles dispuestos en 3 filas de 5 paneles que proporcionan una potencia total de **7'5 kWp**.



*Ilustración 13: Panel Solar LONGi LR5-66HPH-500M (Fuente: LONGi)*

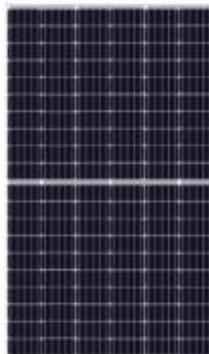
A día de hoy, la mayoría de los paneles solares presentes en el mercado están muy normalizados, es decir, que las características técnicas que poseen son muy similares entre distintos modelos.

Tipo de célula	Monocrystalina
Peso	25'3 kg
Dimensiones	2093 mm x 1134 mm x 35 mm
Tamaño del cable	4 mm <sup>2</sup> (IEC)
Eficiencia del módulo	21'1%
Voltaje máximo	1500 V (CC)
Temperatura de operación	-40°C a +85°C

*Tabla 4: Especificaciones técnicas panel LR5-66HPH-500M (Fuente: LONGi)*

#### 4.2.1.3 Panel Solar Risen RSM150-8-500BMDG

Este módulo de **Risen Energy** ofrece también una potencia nominal de 500 Wp, lo que conlleva a plantear la misma configuración que en las dos opciones anteriores llegando a una potencia instalada de 7,5 kWp con 15 paneles.



*Ilustración 14: Panel solar Risen RSM150-8-500BMDG (Fuente: Risen Solar Technologies)*

Aunque presente un **rendimiento ligeramente inferior** a los anteriores, destaca por su robustez estructural y su rendimiento a alta temperatura, lo que puede ser relevante para climas cálidos. Se trata de una opción fiable dentro del segmento, residencial, aunque con un coste ligeramente superior por vatio instalado.

Tipo de célula	Monocrystalina
Peso	31,5 kg
Dimensiones	2240 mm x 1102 mm x 30 mm
Tamaño del cable	4 mm <sup>2</sup> (IEC)
Eficiencia del módulo	20,3 %
Voltaje máximo	1500 V (CC)
Temperatura de operación	-40°C a +85°C

*Tabla 5: Especificaciones técnicas panel Risen RSM150-8-500BMDG (Fuente: Risen Solar Technologies)*

Tras evaluar las características principales de los tres modelos analizados, se ha seleccionado el **panel JA Solar JAM66S30/MR** como componente principal del sistema solar fotovoltaico. La decisión se ha basado en una comparación de las **características técnicas** de cada uno de ellos. El panel JAM66S30/MR cuenta con una excelente relación entre eficiencia, **compatibilidad con el sistema de montaje**, disponibilidad en el mercado nacional y precio competitivo. Además, se trata de un fabricante ampliamente consolidado en el mercado fotovoltaico, lo que garantiza soporte técnico y fiabilidad a largo plazo.

#### 4.2.2 Selección de componentes del sistema de montaje

El sistema de montaje seleccionado para la instalación fotovoltaica se basa en una solución *on-roof* sobre una cubierta inclinada de teja de pizarra, empleando **componentes compatibles** con este tipo de superficie.

El sistema se compone principalmente de rieles estructurales de acero inoxidable, ganchos de anclaje para teja, abrazaderas de sujeción, elementos de fijación mecánica y otras piezas. A continuación, se detallan los principales componentes propuestos y su función:

- Rieles (3600 mm 4/35 Rail Silver Mounting Systems GmbH 800-1442)  
Estos rieles horizontales sirven de **base para montar los módulos fotovoltaicos**. Si consideramos que tenemos 15 paneles (3 filas de 5 paneles) y que cada panel requiere de dos apoyos, se estima que con 10 unidades de estos rieles de 3'6 m cada uno será suficiente para colocar todos los paneles (15 paneles de 1 metro con dos apoyos cada uno da una longitud aproximada de 30 metros de riel).



*Ilustración 15: Riel plateado 4/35 3600mm 800-1442 (Fuente: Mounting Systems GmbH)*

- Anclaje para tejado (Standard Roof Hook Stainless Steel 180-7-45 Mounting Systems GmbH 805-0010)  
Estos ganchos se colocan entre las tejas y se fijan a la estructura del tejado **para sujetar los rieles**. El número necesario de anclajes es de 4 por panel, es decir, dos por riel, en total 60 anclajes. Este número es más que suficiente para las condiciones de una instalación en la Comunidad de Madrid, donde las cargas por viento o nieve son muy poco críticas.



*Ilustración 16: Anclaje para tejado acero inoxidable 180-7-45 800-0010 (Fuente: Mounting Systems GmbH)*

- Abrazaderas (End Clamps for panels 30-40 mm, Mounting Systems GmbH 702-0193 y Mid Clamp for panels 30-40 mm, Mounting Systems GmbH 700-0080)

Se utilizan **para fijar los paneles a los rieles**, en los extremos y ente módulos, respectivamente. Las cantidades de este componente responden a 4 abrazaderas en los extremos por fila de paneles y 8 abrazaderas entre módulos por fila de paneles, es decir, 12 en los extremos y 24 entre módulos.



*Ilustración 17: Abrazadera intermedia acero inoxidable 30-40 mm 700-0800 (Fuente: Mounting Systems GmbH)*



*Ilustración 18: Abrazadera final acero inoxidable 30-40 mm 702-0196 (Fuente: Mounting Systems GmbH)*

- Conectores de riel (4/35 rail Connector Silver Mounting Systems GmbH 602-0048)  
Los conectores de riel sirven **para unir rieles cuando la longitud de la fila es superior a la de un riel individual**, como ocurre en este caso. La longitud total de cada fila es de 5'6 metros aproximadamente, y con la implementación de los rieles de 3'6 metros se estima que 8 conectores de riel serán suficientes para realizar la distribución.



*Ilustración 19: Conector de riel universal 4/35 602-0048 (Fuente: Mounting Systems GmbH)*

- Tapas de riel (4/35 End Cap Mounting Systems GmbH 814-0425)  
Estas tapas son **elementos de acabado** que se colocan en los extremos laterales visibles de los rieles. Su función es estética y de protección, y la cantidad necesaria será de una tapa por cada riel, es decir, 12 tapas (4 por cada fila de paneles).



*Ilustración 20: Tapa de riel 4/35 814-0425 (Fuente: Mounting Systems GmbH)*

### 4.2.3 Selección del inversor

El inversor es un componente fundamental en una instalación fotovoltaica, ya que se encarga **de transformar la corriente continua** (DC) generada por los paneles solares en corriente alterna (AC), la que utilizan los aparatos eléctricos de la vivienda y la inyectable en la red. La correcta elección del inversor está directamente relacionada con la potencia instalada por los paneles solares, el tipo de red eléctrica disponible y la presencia de sistemas de almacenamiento. En el presente proyecto, se ha instalado una potencia fotovoltaica de 7'5 kWp, distribuida en 15 paneles de 500 Wp cada uno. Para gestionar esta potencia, se han seleccionado tres posibles inversores.

#### 4.2.3.1 Inversor Huawei SUN2000-6KTL-L1

El **SUN2000-6KTL-L1**, es un modelo monofásico híbrido de última generación de la marca Huawei Technologies, con una potencia nominal de salida de 6 kW. Este inversor permite un **ratio de sobredimensionamiento** DC/AC de 1'25 (7500 Wp / 6000 Wp), lo cual se encuentra dentro del rango óptimo (1'1 – 1'3) y garantiza un buen aprovechamiento de la producción

solar sin pérdidas significativas ni riesgo de saturación del sistema. Tiene una **eficiencia máxima cercana al 98'4%** e incluye protección internas a sobretensiones.



*Ilustración 21: Inversor Huawei SUN2000-6KTL-L1 (Fuente: Huawei Solar)*

Entre algunas características de este modelo tenemos **dos seguidores MPPT**, lo que permite dividir el campo solar en dos strings independientes, optimizando el rendimiento en caso de posibles diferencias de orientación, inclinación o sombreados parciales. Además, se trata de un inversor híbrido, que permite la conexión directa con los sistemas de almacenamiento.

Eficiencia máxima	98'4 %
Tensión nominal de entrada	360 V
Tensión nominal de salida	220 V (Monofásica)
Número de MPPT	2
Frecuencia nominal de salida	50 Hz
Peso (incluido soporte)	12 kg
Comunicaciones	RS485, WLAN
Grado de protección	IP65
Temperatura de operación	-25°C a +85°C

*Tabla 6: Especificaciones técnicas inversor Huawei SUN2000-6KTL-L1 (Fuente: Huawei Solar)*

#### **4.2.3.2 Inversor SMA Sunny Boy 6.0-1AV-41**

Este inversor cuenta también con una potencia de 6 kW y es conocido por su fiabilidad y facilidad de instalación. El **SMA Sunny Boy 6.0** incluye funciones avanzadas como SMA ShadeFix, que optimiza la producción en condiciones nubladas, y SMA Smart Connected, que permite la monitorización activa del sistema fotovoltaico.



*Ilustración 22: Inversor SMA Sunny Boy 6.0-1AV-41 (Fuente: SMA Solar Technology)*

Este inversor está pensado para instalaciones donde se requiera una **gestión inteligente de la producción para condiciones de sombra parcial**. Entre sus características principales destaca su amplio abanico de tensiones nominales de salida (De 180 V a 280V) y su alto rendimiento de hasta el 97%.

Eficiencia máxima	97%
Tensión nominal de entrada	Hasta 600 V
Tensión nominal de salida	220 V (Monofásica)
Número de MPPT	2
Frecuencia nominal de salida	50 Hz
Peso (incluido soporte)	17'5 kg
Comunicaciones	Ethernet, RS485, WLAN
Grado de protección	IP65
Temperatura de operación	-25°C a +60°C

*Tabla 7: Especificaciones técnicas inversor SMA Sunny Boy 6.0-1AV-41 (Fuente: SMA Solar Technology)*

#### **4.2.3.3 Inversor Fronius Primo 6.0-1**

El Fronius Primo 6.0-1 es un inversor monofásico de 6 kW que forma parte de la gama SnapINverter de Fronius, que comprende inversores desde 3 kW a 8'2 kW. Este inversor posee un diseño innovador que facilita la instalación y el mantenimiento, y su sistema de comunicación integrado permite una gestión energética avanzada.



*Ilustración 23: Inversor Fronius Primo 6.0-1 (Fuente: Fronius)*

Este modelo de Fronius es adecuado para instalaciones que requieran una alta flexibilidad en el diseño y una integración sencilla con sistema de monitorización. Entre sus principales características podemos destacar su sistema de refrigeración activa, **su alta eficiencia en condiciones normales de hasta el 98%** y su tecnología *SnapINverter*, que facilita enormemente la instalación y el mantenimiento.

Eficiencia máxima	98'1 %
Tensión nominal de entrada	Hasta 1000 V
Tensión nominal de salida	220 V (Monofásica)
Número de MPPT	2
Frecuencia nominal de salida	50 Hz
Peso (incluido soporte)	25'8 kg
Comunicaciones	Ethernet, RS485, WLAN
Grado de protección	IP65
Temperatura de operación	-40°C a +55°C

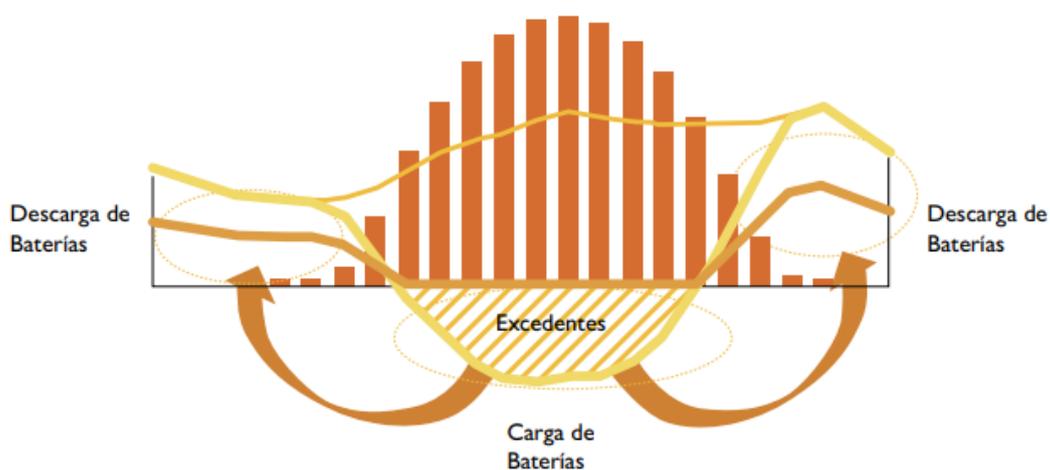
*Tabla 8: Especificaciones técnicas inversor Fronius Primo 6.0-1 (Fuente: Fronius)*

Tras evaluar las características técnicas de cada uno de los inversores se puede concluir que son todas muy parecidas y **no hay ninguno que destaque por encima de los otros por su rendimiento**. Si embargo, si nos fijamos en la compatibilidad con el resto de los componentes del sistema, las referencias encontradas en foros técnicos y el precio de mercado de los tres modelos estudiados, concluimos que el modelo óptimo para nuestro caso de aplicación es el **Huawei SUN2000-6KTL-L1**. Esta decisión se toma de la mano con **la decisión del sistema de almacenamiento** seleccionado que realizaremos a continuación.

#### 4.2.4 Dimensionado del sistema de almacenamiento

La incorporación de un sistema de almacenamiento mediante baterías permite **mejorar significativamente la eficiencia del autoconsumo** en instalaciones fotovoltaicas residenciales. En este proyecto, se ha optado por integrar una solución basada en baterías de ion-litio, con el fin de almacenar los excedentes solares producidos durante el día y utilizarlos en los momentos de menor producción y mayor demanda, como las horas nocturnas.

Uno de los principales motivos que justifican la necesidad del almacenamiento en instalaciones de autoconsumo es el **desajuste entre la curva de generación solar y la curva de consumo de una vivienda**. La generación solar alcanza su **máximo** entre las 12:00 y las 16:00, momento en el que el **consumo doméstico suele ser bajo** debido a la ausencia de ocupantes. Por otro lado, el **mayor consumo** energético se da por la mañana (de 7:00 a 9:00) y por la tarde-noche (de 19:00 a 23:00), cuando **la producción solar es prácticamente nula**.



*Ilustración 24: Ejemplo ilustrativo de la justificación de necesidad de baterías en una instalación de autoconsumo (Fuente: IDAE)*

##### 4.2.4.1 Huawei Luna2000-15-S0

Este primer sistema seleccionado está formado por la batería **Huawei Luna2000-15-S0**, que proporciona una capacidad total de 15 kWh, dividida en tres módulos de 5 kWh cada uno, con una capacidad útil ligeramente inferior (95%). Esta elección se ha realizado considerando la potencia pico instalada (7,5 kWp), la producción estimada (11.880 kWh/año) y los patrones de consumo de la vivienda, que alcanzan una total anual aproximadamente de 17.000 kWh. Dicha configuración permite **almacenar la energía excedente** generada durante las horas de mayor irradiación solar y utilizar en momentos de baja producción.



*Ilustración 25: Batería Huawei LUNA2000-15-S0 (Fuente: Huawei Solar)*

Además, el sistema de baterías **se conecta directamente a la entrada de corriente continua (DC)** del inversor híbrido, lo que permite una configuración denominada acople DC. Esta arquitectura **minimiza las pérdidas energéticas** asociadas a la conversión de corriente, ya que fluye directamente desde los paneles a la batería sin pasar por el inversor hasta el momento del consumo. Esta integración simplificada, junto con la modularidad del sistema Huawei Luna2000, **permite posibles ampliaciones futuras** si se incrementan las necesidades energéticas o la capacidad de generación del sistema fotovoltaico.

Número de módulos	3 módulos de 5 kWh
Potencia máxima de salida	5 kW
Rango de voltaje	350 V – 560 V
Profundidad de descarga	100%
Dimensiones	670 mm x 150 mm x 1320 mm
Frecuencia nominal de salida	50 Hz
Peso (incluido soporte)	163'8 kg
Grado de protección	IP66
Temperatura de operación	-10°C a +55°C

*Tabla 9: Especificaciones técnicas batería Huawei LUNA2000-15-S0 (Fuente: Huawei Solar)*

#### 4.2.4.2 LG Chem RESU10H

La batería **LG Chem RESU10H** es una batería de litio de alta tensión con un único módulo de 9'8 kWh. Está pensada para ser instalada en sistema residenciales y **tiene compatibilidad con una amplia gama de inversores**. Su diseño permite una instalación flexible tanto en interiores como en exteriores.



*Ilustración 26: Batería LG Chem RESU10H (Fuente: LG Chem)*

Entre las principales características a destacar de este modelo podemos observar su **diseño estético y compacto** (únicamente 20 cm de grosor), su versatilidad para colocarlo tanto en interiores como en exteriores y su nivel de compatibilidad con distintos modelos de inversores (SMA, SolarEdge, Fronius, Huawei, etc.)

Número de módulos	1 módulo de 9'8 kWh
Potencia máxima de salida	5 kW
Rango de voltaje operativo	350 V – 450 V
Profundidad de descarga	95%
Dimensiones (H/W/D)	907 mm x 744 mm x 206 mm
Frecuencia nominal de salida	50 Hz
Peso (incluido soporte)	97 kg
Grado de protección	IP55
Temperatura de operación	-10°C a +55°C

*Tabla 10: Especificaciones técnicas batería LG Chem RESU10H (Fuente: LG Chem)*

#### 4.2.4.3 **BYD B-Box Premium HVM 13.8**

Dentro de la **gama premium de las baterías de BYD B-Box** podemos distinguir dos modelos; el **modelo HVS** que se compone por módulos de 2'56 kWh con posibilidad de unir hasta 5 módulos, es decir, una capacidad máxima de **12'8 kWh**, y luego tenemos el **modelo HVM** que se compone por módulos de 2'76 kWh con posibilidad de unir hasta 8 módulos (**22'08 kWh**).



*Ilustración 27: Batería BYD B-Box Premium HVM 13.8 (Fuente BYD)*

En nuestro caso vamos a seleccionar como una posibilidad de almacenamiento la combinación de 5 módulos del modelo HVM, lo que nos brindaría una **capacidad de 13'8 kWh**. Entre las características más destacables de este modelo podemos distinguir la modularidad para posibles ampliaciones de potencia en el futuro y la sencillez de la instalación gracias al diseño plug-in sin cables internos que tienen patentado dentro de la propia marca.

Número de módulos	5 módulo de 2'76 kWh
Potencia máxima de salida	5 kW
Rango de voltaje operativo	200 V – 300 V
Profundidad de descarga	100%
Dimensiones (H/W/D)	1644 mm x 585 mm x 298 mm
Frecuencia nominal de salida	50 Hz
Peso (incluido soporte)	205 kg
Grado de protección	IP55
Temperatura de operación	-10°C a +50°C

*Tabla 11: Especificaciones técnicas batería BYD B-Box Premium HVM 13.8 (Fuente: BYD)*

En conclusión, se ha seleccionado la **batería Huawei LUNA2000-15-S0** por ofrecer las características técnicas más competitivas y por presentar una **integración perfecta con el inversor Huawei SUN2000-6KTL-L1** al ser ambos del mismo fabricante. El modelo de la marca LG Chem se descarta porque consideramos que para esta instalación 9'8 kWh de almacenamiento se queda corto, y el modelo de BYD tiene unas dimensiones y un peso mucho menos atractivos que el modelo de Huawei, que, con mayor capacidad de almacenamiento presenta unas dimensiones y un peso menores.

#### **4.2.5 Dimensionado del punto de carga para vehículos**

El sistema de autoconsumo proyectado incorpora un punto de carga específico para vehículo eléctrico (**Tesla Model 3**), cuya batería tiene una capacidad útil de **60 kWh**. La instalación del punto de carga forma parte de la estrategia integral de transición energética de la vivienda, no solo para cubrir la demanda residencial, sino también para **promover la electromovilidad a partir de energías renovables**.

Para ello se ha seleccionado un **Tesla Wall Connector Gen 2**, compatible con la red monofásica de 220 V de la vivienda, que permite una potencia de carga de **hasta 7'4 kW en modo monofásico**, siempre que esté conectado a un circuito de protección de 32 A. Este cargador está diseñado específicamente para optimizar la carga de vehículos Tesla, y ofrece opciones de configuración inteligente para limitar la potencia de carga según la disponibilidad de energía de la vivienda.



*Ilustración 28: Tesla Wall Connector Gen 2 (Fuente: Tesla)*

El punto de carga se integrará con el sistema fotovoltaico y de baterías, de forma que la energía generada por los paneles solares pueda ser empleada, directa o indirectamente, para la recarga del vehículo. Para ello, el cargador cuenta con una función de ajuste dinámico de la potencia, que le permite adaptarse automáticamente al consumo del hogar.

Por otro lado, hay que mencionar que el Tesla Wall Connector Gen 2 es un consumo más dentro del sistema doméstico, pero de alto impacto. No se conecta directamente a la batería ni al inversor, sino al cuadro general de la vivienda. La gestión del origen de la energía que alimenta el cargador la realiza el inversor.

Voltaje de operación	100-240 V (Monofásica)
Corriente máxima	32 A (Recomendada: 8 A)
Dimensiones	47'3 mm x 81'7 mm x 179'8 mm
Frecuencia nominal de salida	50 Hz
Longitud del cable	6 m
Peso	2'4 kg
Grado de protección	IP55
Temperatura de operación	-30°C a +50°C

*Tabla 12: Especificaciones técnicas Tesla Wall Connector Gen 2 (Fuente: Tesla)*

Este enfoque permite al usuario **maximizar el uso de energía renovable** para la movilidad eléctrica, reducir el coste asociado al uso del vehículo y minimizar el impacto ambiental. Además, al tratarse de un cargador de fabricante propio, garantiza la máxima eficiencia y compatibilidad con el vehículo Tesla, lo que simplifica su instalación y configuración en el entorno residencial.

### 4.3 Sensores IoT para la monitorización y control

Uno de los aspectos clave en las instalaciones fotovoltaicas modernas es la capacidad del usuario para **monitorizar y gestionar el sistema en tiempo real**, optimizando la producción, el autoconsumo y el uso eficiente de la energía. Para ello, se han integrado soluciones IoT (*Internet of Things*) que permiten una visualización intuitiva del comportamiento energético de la vivienda.

El inversor **Huawei SUN200-6KTL-L1** incorpora conectividad nativa con la plataforma *FusionSolar*, que permite visualizar desde una app móvil o plataforma web todos los parámetros relevantes del sistema: producción solar instantánea, energía consumida, estado de carga de las batería, inyección a la red y ahorro acumulado. El inversor se comunica con la nube mediante conexión wifi y proporciona gráficos detallados y alertas de funcionamiento.



*Ilustración 29: Ejemplo de visualización de la app FusionSolar (Fuente: Lumisolar)*

El punto de carga **Tesla Wall Connector Gen 2**, aunque no se integra directamente con el sistema fotovoltaico, dispone de conectividad wifi y una interfaz de configuración local que permite limitar la potencia de carga y adaptarla al uso de la vivienda. Esta función resulta especialmente útil para evitar superar la potencia contratada cuando hay consumos simultáneos.

No obstante, si las herramientas de gestión integradas en el inversor y el cargador no fueran suficientes para las necesidades del usuario, se podrían incorporar soluciones avanzadas con un “energy manager”, que **permite una gestión centralizada e inteligente** de toda la instalación. Dispositivos como **el Victron Cerbo GX** o el SolarEdge Home Energy Hub permiten integrar en un único sistema de control todos los elementos energéticos del hogar: el inversor, las baterías, el punto de carga del vehículo eléctrico, el consumo de la vivienda y estado de conexión con la red eléctrica.



*Ilustración 30: Dispositivo Victron Cerbo GX (Fuente: Victron Energy)*

Estos controladores avanzados son capaces de **optimizar la carga y descarga de las baterías**, anticiparse a patrones de consumo habituales, y ajustar el funcionamiento del sistema según la previsión meteorológica o las tarifas eléctricas dinámicas. Además, **su interfaz gráfica avanzada** facilita al usuario la supervisión total del sistema y la definición de reglas automatizadas para lograr un mayor grado de eficiencia energética y autonomía.

## Capítulo 5. ANÁLISIS ECONÓMICO

### 5.1 Inversión inicial del proyecto

El coste de la instalación fotovoltaica proyectada asciende a un **total estimado de 14.212'48 €**, incluyendo todos los materiales, equipos, estructura de montaje, instalación y legalización. Esta inversión corresponde íntegramente a lo que se denomina **CAPEX**, es decir, los gastos de capital necesarios para poner en marcha la infraestructura energética de autoconsumo.

Dentro de este coste, **los elementos más significativos** son los paneles solares JA Solar JAM66S30-500/MR, el inversor híbrido Huawei SUN2000-6KTL-L1, el sistema de baterías Huawei Luna2000-15-S0, junto con las protecciones eléctricas y cableado. **El coste total de estos componentes asciende a 11.251 €**, con precios actualizados y contrastados a través de distribuidores online con disponibilidad en España.

El sistema que montaje (rieles, ganchos de anclaje, abrazaderas, conectores y tapas de riel) han sido seleccionados del fabricante Mounting Systems GmbH, con **un coste total estimado de 961,48 €**.

A esto se suman los costes asociados a la **mano de obra, instalación y tramitación legal**, que incluyen entre otros:

- Memoria Técnica de Diseño: Documento elaborado por un técnico competente que describe las características técnicas de la instalación.
- Boletín Eléctrico (Certificado de Instalación Eléctrica en Baja Tensión): Emitido por un instalador autorizado, certifica que la instalación cumple con la normativa vigente.
- Registro en la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid: Inscripción obligatoria de la instalación para su legalización.
- Solicitud de subvenciones: Tramitación de ayudas disponibles, como el plan MOVES III o deducciones fiscales por inversiones en energías renovables.
- Inscripción en el Registro de Autoconsumo de la Comunidad de Madrid: Para instalaciones con excedentes, es necesario inscribirse en este registro para poder verter energía a la red y acogerse a la compensación simplificada.
- Comunicación a la Compañía Distribuidora: Notificación de la puesta en marcha de la instalación y, en su caso, solicitud de modificación del contrato de acceso.

El coste conjunto de estas tareas administrativas y técnicas se **estima en 2.000 €**.

Todos estos importes se pueden consultar en detalle en el Anexo VII.

## 5.2 Costes de operación y mantenimiento

Una vez realizada la inversión inicial (CAPEX) y puesta en marcha la instalación, los costes recurrentes asociados a la operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico son, en general, reducidos. Sin embargo, es recomendable **considerar algunos gastos periódicos** necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del sistema a lo largo del tiempo y preservar la eficiencia energética.

En primer lugar, se contempla la **limpieza anual** de los módulos fotovoltaicos. Aunque esta tarea puede ser realizada por el propio usuario, en caso de externalizarse a un servicio técnico especializado, el coste estimado se sitúa en torno a **100€ anuales** (3€/m<sup>2</sup> aproximadamente) para una instalación de estas dimensiones.



*Ilustración 31: Operario limpiando paneles solares (Fuente: Limpiezas Sil)*

También es aconsejable realizar una **revisión técnica periódica** del sistema eléctrico, preferiblemente cada 2 o 3 años. Esta revisión incluye la inspección visual del cableado, la comprobación de conexiones, protecciones eléctricas, estado del inversor y baterías, y actualización del hardware si es necesario. Este tipo de intervención tiene un **coste estimado de entre 150 y 200 €**, por lo que, si distribuimos, se puede considerar un gasto recurrente de aproximadamente 75 € al año.

En cuanto a los equipos, los paneles solares y las estructuras de montaje requieren **mantenimiento prácticamente nulo**, salvo incidencias puntuales. No obstante, el inversor tiene una vida útil de entre 10 y 12 años. Aunque no es un gasto inmediato, se recomienda prever la reposición del inversor en el plan financiero a medio plazo.

Por otro lado, las baterías de ion-litio tienen una **vida útil estimada entre 10 y 15 años**, dependiendo del número de ciclos y profundidad de descarga. En este caso, el sistema seleccionado (Huawei Luna2000) permite la sustitución modular, lo cual facilita una ampliación o renovación parcial en el futuro. En cualquier caso, no se espera que representen un coste de mantenimiento a corto plazo, pero deben contemplarse en la planificación económica global.

Además, dado que el sistema dispone de funcionalidades IoT para la monitorización y control (vía *FusionSolar*), no existen licencias ni suscripciones de pago, y las actualizaciones de software suelen estar incluida por el fabricante.

Finalmente, cabe la posibilidad de considerar gastos adicionales como la ampliación de garantías para ciertos componentes eléctricos (especialmente el inversor y baterías) o la contratación de un seguro de hogar que incluya cobertura específica para la instalación fotovoltaica. **Estos costes son opcionales**, de bajo impacto económico, y dependen de la decisión del usuario final, por lo que no se consideran obligatorios ni forman parte del OPEX base estimado para este sistema.

### 5.3 Subvenciones aplicables

Para fomentar el desarrollo del autoconsumo, el almacenamiento energético y la movilidad eléctrica, tanto el Gobierno central como las comunidades autónomas han puesto en marcha **diversos programas de incentivos** que resultan aplicables a la instalación descrita en este proyecto, instalación fotovoltaica con autoconsumo en el sector residencial. En particular, se destacan **el Programa de Incentivos al Autoconsumo y Almacenamiento con fuentes de energía renovable del IDAE** (Instituto para la Diversificación Energética), regulado por el Real Decreto 477/2021, y el **Plan MOVES III** para la infraestructura de recarga del vehículo eléctrico.

El programa de Incentivos al Autoconsumo y Almacenamiento, con fuentes de energía renovables, gestionado en la Comunidad de Madrid a través de Fundación de la Energía (FENERCOM), establece **ayudas directas en función de la potencia instalada** y la capacidad de almacenamiento. En el caso de instalaciones residenciales de hasta 10 kWp, **se contempla una ayuda de 600€ por kWp instalado**, así, para una potencia de 7,5 kWp instalados, el importe ascendería a los 4.500€. Adicionalmente, por incorporar 15 kWh de baterías, **se puede optar a una ayuda de 350€ por kWh**, lo que representa una ayuda de 5.250€.

Por otra parte, el Plan MOVES III contempla **ayudas para la instalación de puntos de recarga para vehículos eléctricos** en el ámbito doméstico. Aunque en este trabajo no se analiza la subvención a la compra del vehículo, sí se tiene en cuenta la ayuda aplicable al cargador Tesla Wall Connector Gen 2, cuyo coste estimado asciende a 533€. En municipios de más de 5.000 habitantes como es Madrid, **la subvención alcanza el 70% del coste**, lo que supondría una ayuda de 373€.

Adicionalmente, la normativa fiscal vigente contempla **una deducción del 15% del IRPF por inversiones en instalaciones de autoconsumo**, con un máximo anual de 3.000€. Sin embargo, esta deducción no se contemplará dentro del análisis económico de este proyecto, ya que su aplicabilidad depende de la situación fiscal particular de cada usuario y se tramita de forma particular.

## 5.4 Indicadores financieros

El análisis económico de una instalación solar fotovoltaica no solo debe contemplar los costes iniciales, **sino también su rentabilidad a medio y largo plazo**. Este apartado tiene por objeto estimar el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial, así como evaluarla rentabilidad global del sistema mediante **indicadores técnico-financieros**. Aunque no se trate de un proyecto puramente económico, este tipo de métricas son habituales en la evaluación de inversiones en el sector energéticos dentro del ámbito de la ingeniería.

El indicador utilizado es el **retorno simple de la inversión** (*Payback*), una métrica que estima el número de años necesarios para recuperar el desembolso inicial mediante el ahorro energético generado. La fórmula aplicada es:

$$Payback = \frac{CAPEX}{Ahorro\ anual - OPEX}$$

Vamos a realizar el estudio económico teniendo en cuenta **dos posibles escenarios**, un escenario en el que se descuenta a la inversión inicial el importe de las ayudas subvencionables y otro escenario en el que se calcula el *Payback* sin tener en cuenta las ayudas.

### 5.4.1 Cálculo con subvenciones

En este caso tendríamos como CAPEX la inversión inicial **descontando las subvenciones recibidas**.

$$CAPEX = Inversión\ inicial - Subvenciones$$
$$CAPEX = 14.212,48\ € - 10.123\ € = 4.089,48\ €$$

Para calcular el ahorro energético estimado vamos a **estimar el precio medio de la electricidad en España durante el año de 0'15 €/kWh**. Este dato es una estimación media ya que el precio de la electricidad es muy variable incluso a lo largo del día. Si suponemos que vamos a producir 11.880 kWh al año con los paneles solares, podemos estimar que ahorraremos unos 1.782 €/año.

Teniendo en cuenta que el coste de mantenimiento es de 175€, calculamos el *Payback* para ver cuantos años tardaríamos en recuperar la inversión.

$$Payback = \frac{4.089,48\ €}{1.782\ € - 175\ €} \approx 3\ años$$

Es decir, con un precio medio de la electricidad de 0'15 €/kWh, el sistema se amortiza en aproximadamente 3 años. Cabe destacar que realmente no se gana ningún dinero exactamente, lo que se tiene en cuenta es el dinero que se deja de gastar pagando a la distribuidora directamente al generarlo propiamente.

### 5.4.2 Cálculo sin subvenciones

En esta caso el CAPEX sería la inversión inicial **sin ningún tipo de descuento**.

$$CAPEX = Inversión\ inicial; CAPEX = 14.212,48\ €$$

Para calcular el ahorro energético estimado vamos a realizar el mismo cálculo del apartado anterior, es decir, **el ahorro no depende de si tienes en cuenta las ayudas o no**. Si suponemos que vamos a producir 11.880 kWh al año con los paneles solares, podemos estimar que ahorraremos unos 1.782 €/año.

$$Payback = \frac{14.212'48\ €}{1.782\ € - 175\ €} \approx 9\ años$$

En este caso, con un precio medio de la electricidad de 0'15 €/kWh, el sistema se amortizará en **aproximadamente 9 años si no se consiguen las ayudas**. Al igual que lo mencionado antes, no se gana ningún dinero, sino que lo que se tiene en cuenta es el dinero que se deja de gastar pagando a la distribuidora directamente al generarlo propiamente.

## Capítulo 6. ANÁLISIS DE IMPACTO MEDIO AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD

### 6.1 Evaluación de impacto ambiental

El impacto ambiental de una instalación fotovoltaica para autoconsumo en una vivienda unifamiliar, como la propuesta para este proyecto, **es prácticamente nulo en términos de alternación del entorno natural**. No obstante, se analiza en este aspecto una doble perspectiva: por un lado, **la reducción de emisiones contaminantes** que conlleva la generación de energía renovable y, por otro lado, la necesidad o no de realizar trámites ambientales específicos.

Desde un punto de vista normativo, **esta instalación está exenta de someterse a una evaluación de impacto ambiental conforme a la Ley 21/2013**, de Evaluación Ambiental, ya que no se encuentra incluida ni en el Anexo I (evaluación obligatoria) ni en el Anexo II (evaluación simplificada). Además, el Decreto 39/2015 de la Comunidad de Madrid que regula los procedimientos ambientales autonómicos, también excluye expresamente las instalaciones de autoconsumo fotovoltaico de pequeña escala sobre cubiertas en entornos urbanos, **siempre que no superen los 100 kWp de potencia ni afecten a zonas protegidas o catalogadas**, características que no tiene nuestra instalación.

A nivel ambiental, el beneficio más significativo de la **instalación es la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)** asociada al consumo energético convencional. En España, según el MITERD (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico), **el factor medio de emisión del mix eléctrico fue de 0,231 kg de CO<sub>2</sub> por kWh en 2022**. Aplicando este valor a la producción anual estimada del sistema (11.880 kWh/año), se obtiene una reducción anual de emisiones de aproximadamente 2.425,5 kg de CO<sub>2</sub>, lo que equivale a **2,43 toneladas métricas al año**. Esta cifra representa una contribución directa y tangible a la descarbonización del sector residencial, en línea con los objetivos establecidos de la descarbonización del sector residencial, en línea con los objetivos establecidos en la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050 y el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.

En conclusión, **el proyecto no solo no genera impactos ambientales negativos, sino que además contribuye activamente a la mitigación del cambio climático** mediante la sustitución de energía fósil por renovable, sin necesidad de tramites ambientales adicionales por sus características técnicas y ubicación.

## 6.2 Estudio de impacto visual

**El impacto visual generado por instalaciones fotovoltaicas residenciales depende en gran medida de su ubicación**, visibilidad desde el espacio público y características estéticas. En el caso de este proyecto, la instalación se ubicará sobre la cubierta inclinada de una vivienda unifamiliar situada en un entorno urbano consolidado, sin valor patrimonial ni paisajístico protegido.

Al tratarse de una instalación sobre cubierta, integrada en el tejado con inclinación y orientación adecuadas, **su visibilidad desde la calzada pública y su impacto visual son prácticamente nulos**. Además, se ha observado que existen otras viviendas adyacentes que ya cuentan con instalación fotovoltaicas similares, lo que indica una aceptación social y estética consolidada en la zona, sin generar conflictos urbanísticos ni rechazo social.



*Ilustración 32: Ejemplo de sistema fotovoltaico en cubierta de vivienda (Fuente: Masnorte Renovables)*

Por otro lado, y en línea con la legislación urbanística y medioambiental vigente, **no se requiere en este caso al elaboración de un estudio de integración paisajística ni la solicitud de informes adicionales por parte de organismos de protección medioambiental**, al no estar la vivienda situada dentro del área de influencia de ninguna figura medioambiental como LIC (Lugar de Interés Cultural), HIC (Hábitat de Interés Comunitario), ZEPA (Zona de Especial Protección de Aves), Red Natura 2000 o Reserva de la Biosfera, entre otras.

## 6.3 Estudio de la vida útil del sistema

La vida útil de una instalación fotovoltaica **depende de la durabilidad y el envejecimiento de sus distintos componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos**. En este apartado se analizan las estimaciones de longevidad para los elementos clave del sistema, en base a datos proporcionados por fabricantes o en su defecto estándares del sector.

Los paneles fotovoltaicos son el componente más duradero del sistema. La mayoría de los fabricantes, como *JA SOLAR*, **ofrecen garantías de producción de hasta 25 años, con una degradación estimada del 0,5 % anual**. Esto implica que al final de su vida útil seguirán produciendo al menos un 80-85 % de su potencia nominal, aunque pueden seguir funcionando técnicamente durante más tiempo. Su vida útil puede rebasar los 30 años, siempre que se mantengan en condiciones adecuadas y sin daños mecánicos.

El inversor híbrido de *Huawei Technologies* tiene una potencia útil más limitada debido a la presencia de componentes electrónicos de potencia. **Los fabricantes suelen ofrecer garantías de entre 10 y 12 años**. Su durabilidad dependerá del número de ciclos de operación, temperatura de trabajo y condiciones ambientales, siendo razonable asumir una reposición a los 12-15 años como parte del mantenimiento a largo plazo.

En cuanto al sistema de almacenamiento con batería de ion-litio, su vida útil está directamente relacionada con el número de ciclos de carga y descarga, la profundidad de descarga y la temperatura de operación. Para uso residencial típico, **los fabricantes estiman una durabilidad de entre 10 y 15 años**, o unos 4.000 - 6.000 ciclos de vida útil, con capacidad residual superior al 70% al final de su vida útil.

La estructura de montaje (rieles, anclajes y abrazaderas de acero inoxidable y aluminio anodizado) es un elemento pasivo y no sometido a desgaste eléctrico. **Su vida útil supera fácilmente los 30 años**, si no más, siempre que se instale correctamente y no haya corrosión acelerada por condiciones climáticas extremas, situación que no es habitual en la ubicación de la vivienda. El mantenimiento requerido es mínimo.

Por último, los componentes eléctricos auxiliares (cableado, protecciones, fusibles, seccionadores, etc.) **tienen una vida útil estimada superior a 25 años**, siempre que se instalen según la normativa vigente (REBT) y no sufran sobrecargas ni ambientes agresivos.

En conjunto, **el sistema ha sido diseñado para ofrecer una vida útil media de 20 años**, siendo el único componente con revisión clara de reposición el inversor. Este horizonte permite una rentabilidad económica favorable a largo plazo, y minimiza la necesidad de inversión técnica durante el ciclo de vida del sistema.

### 6.3.1 Reciclabilidad de los componentes

Uno de los aspectos clave para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas fotovoltaicos es la **posibilidad de gestionar adecuadamente sus componentes al final de su vida útil**. La mayor parte de los elementos que integran una instalación de autoconsumo sin

reciclables o valorizables, ya sea por su contenido en metales, su estructura o por su valor energético.

Los paneles solares fotovoltaicos están compuestos mayoritariamente por vidrio templado (75 % del peso), marcos de aluminio, láminas de encapsulado, células de silicio y pequeñas cantidades de plata y cobre. **El vidrio y el aluminio son materiales altamente reciclables** mediante procesos estándar, y el silicio puede ser reprocesado. En Europa, existen programas específicos como *PV CYCLE*, que recogen paneles en desuso y gestionan su reciclaje con tasas de **recuperación de hasta el 90%**.

La batería de litio debe **ser gestionada conforme a la normativa RAEE** (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos) y de acuerdo con el Real Decreto 106/2008 sobre pilas y acumuladores. Estas baterías contienen materiales valioso como litio, cobalto, níquel y cobre, que pueden recuperarse mediante procesos de separación mecánica y tratamiento químico en instalaciones especializadas. **En España y Europa existen plantas dedicadas al reciclaje de baterías**, que están siendo ampliadas debido al crecimiento del sector.



*Ilustración 33: Planta de reciclaje de baterías en Granollers (Fuente: RETEMA)*

El inversor híbrido contiene electrónica de potencia, circuitos impresos y componentes metálicos. Como residuo electrónico (RAEE), **su reciclaje está regulado y es obligatorio depositarlo en puntos autorizados**. Los materiales metálicos (cobre, aluminio, acero, etc.) pueden recuperarse, así como ciertos componentes electrónicos valiosos mediante procesos industriales.

La estructura de soporte (rieles y anclajes) está fabricada de aluminio anodizado y acero inoxidable, **ambos materiales 100% reciclables** mediante procesos de fundición. Su recuperación al final de la vida útil del sistema es prácticamente total, y además tienen alta demanda en el mercado de materias primas secundarias.

En resumen, se puede afirmar que más del 80% del sistema es reciclable, lo que refuerza el carácter sostenible del proyecto. La adecuada separación en origen y el uso de canales autorizados de recogida serán clave para garantizar la correcta gestión al final de su vida útil.

# Capítulo 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 7.1 Conclusiones principales

El desarrollo de este proyecto ha permitido no solo abordar el diseño técnico de una instalación fotovoltaica residencial con almacenamiento y punto de recarga, sino también **comprender en profundidad el papel que este tipo de soluciones** puede tener en la transformación energética en el sector doméstico.

Uno de los aprendizajes más relevantes que se desprende del estudio es que la tecnología actual ya permite a los usuarios residenciales **producir, almacenar y gestionar su propia energía** de forma eficiente segura y económicamente viable, sin depender exclusivamente de los grandes distribuidores y redes centralizadas. Este cambio de paradigma sitúa al ciudadano en el centro del modelo energético, convirtiéndolo en **prosumidor: productor y consumidor al mismo tiempo**.

El proyecto también pone de manifiesto que, incluso en viviendas existentes con limitaciones físicas como espacio en cubierta o potencia contratada, **es posible alcanzar grados elevados de autoconsumo y autonomía energética** si se integran correctamente todos los elementos del sistema: generación, almacenamiento, gestión de carga y control inteligente. La clave no está únicamente en maximizar la producción, sino en equilibrar la generación con los hábitos de consumo y anticiparse a la demanda, algo que se vuelve aún más relevante al incorporar un vehículo eléctrico.

En términos de sostenibilidad, más allá del CO<sub>2</sub> evitado o la reciclabilidad de los materiales, este proyecto demuestra que **la autosuficiencia energética en entornos urbanos es no solo posible, sino recomendable**, y que la integración con otros elementos del ecosistema energético doméstico (movilidad eléctrica, IoT, almacenamiento, etc.) es el camino natural hacia un modelo de vivienda más autónoma, resiliente y alineada con los retos climáticos y tecnológicos del presente.

En definitiva, este trabajo no solo diseña una solución técnica, sino que **propone un modelo realista de transición energética residencial**, con visión de futuro, escalable y basado en tecnologías contrastadas. Una solución que puede replicarse, evolucionar y servir como base para un nuevo rol del consumidor energético en la era de la descarbonización.

## 7.2 Recomendaciones futuras

A partir de la experiencia adquirida durante el desarrollo de este proyecto, se plantean una serie de recomendaciones que permitirían **mejorar la instalación, adaptarla a futuras necesidades energéticas** y explorar nuevas oportunidades tecnológicas asociadas al autoconsumo residencial.

En primer lugar, se recomienda planificar la instalación con visión de crecimiento futuro. Aunque el sistema actual está optimizado para las condiciones de consumo y espacio disponibles, la evolución natural de los hogares (nuevos hábitos, incorporación de más vehículos eléctricos, electrificación de sistemas térmicos, etc.) **hará que la demanda energética aumente**. Por ello, conviene dejar prevista la posibilidad de ampliar la capacidad fotovoltaica, ya sea mediante un segunda cubierta, pérgolas, estructuras auxiliares, o en un horizonte más cercano, mediante la **integración de paneles solares de perovskita en fachadas verticales**, una tecnología emergente que permitirá aprovechar superficies actualmente no productivas y mejorar la integración arquitectónica sin comprometer el diseño del edificio.

En segundo lugar, se sugiere incorporar en fases posteriores **un sistema de gestión energética avanzada**. Soluciones como Victron Cerbo GX o SolarEdge Home Hub permitirían automatizar la gestión de la energía, priorizar consumos estratégicos y responder a señales externas como tarifas horarias o previsiones meteorológicas. Esta inteligencia operativa no solo optimiza el autoconsumo, sino que prepara el sistema para participar en futuros modelos de mercado más dinámicos, como agregadores energéticos o comunidades solares.

Por último, sería conveniente realizar un **seguimiento detallado del comportamiento energético del sistema durante su operación real**, más allá de simulaciones y estimaciones. Esta análisis permitiría ajustar parámetros, identificar ineficiencias y validar estimaciones realizadas, aportando información valiosa tanto para este caso concreto como para futuros proyectos de autoconsumo.

Estas recomendaciones no solo permiten escalar técnicamente la solución, **sino también consolidar un nuevo modelo energético domestico basado en la autonomía**, la eficiencia y la responsabilidad medioambiental, con un enfoque flexible y prepara para evolucionar en un entorno energético en constante cambio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2022). *Incentivos al autoconsumo y almacenamiento con fuentes de energía renovables – RD 477/2021*. <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-energias-renovables-en-autoconsumo-almacenamiento-y-termicas-sector/incentivos-autoconsumo-y-almacenamiento-con-fuentes-de-energias-renovables-rd-4772021>
- Boletín Oficial del Estado. (2021, junio 29). *Real Decreto 477/2021, de 29 de junio*. [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-10824](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-10824)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030*. [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/images/es/pnieccompleto\\_tcm30-508410.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf)
- Comunidad de Madrid (2025, enero 20). *La Comunidad de Madrid invierte 45 millones en ayudas públicas para la renovación de vehículos*. <https://www.comunidad.madrid/noticias/2025/01/20/comunidad-madrid-invierte-45-millones-euros-ayudas-publicas-renovacion-vehiculos-transporte-viajeros-mercancias-0>
- International Energy Agency (IEA). (2024). *World Energy Outlook 2024 – Executive Summary* <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024/executive-summary?language=es>
- US Energy Information Administration (EIA). (s.f.) <https://www.eia.gov/>
- Global Energy Monitor. (s.f.) <https://globalenergymonitor.org/>
- HuffPost. (2024). *El país obsesionado con los paneles solares empuja su red eléctrica al límite*. <https://www.huffingtonpost.es/sociedad/el-pais-obsesionado-paneles-solares-empuja-red-electrica-rozar-colapso.html>
- SueloSolar (2024, mayo 6). *Alemania aprueba el primer paquete solar para acelerar la expansión fotovoltaica*. <https://suelosolar.com/noticias/autoconsumo-renovables/alemania/6-5-2024/alemania-aprueba-i-paquete-solar-con-medidas-acelerar-expansion-energia-fotovoltaica-otras-renovables>
- Statista. (s.f.) <https://www.statista.com/>
- PV Magazine Latam. (2024, diciembre 13). *Cinco gráficos sobre el futuro de la energía solar en EEUU*. <https://www.pv-magazine-latam.com/2024/12/13/cinco-graficos-sobre-el-futuro-de-la-energia-solar-en-ee-uu/>

- PV Magazine Latam. (2022, agosto 17). *La nueva ley de EEUU que aportara 100 GW solares al año a partir de 2030.* <https://www.pv-magazine-latam.com/2022/08/17/la-nueva-ley-de-ee-uu-el-mayor-paquete-de-medidas-sobre-clima-y-energia-de-su-historia-conllevara-100-gw-solares-al-ano-a-partir-de-2030/>
- RTVE. (2024, septiembre 18). *El despliegue solar en España alcanza cifras récord en 2024.* <https://www.rtve.es/noticias/20240918/despliegue-energia-solar-2024-record/16252963.shtml>
- Energías Renovables. (2024, abril 26). *España 2024: donde la energía solar ya es protagonista.* <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/espaa-2024-donde-la-energia-solar-ya-20240426>
- Solunion. (2024). *España lidera las energías renovables con un crecimiento del 100%.* <https://www.solunion.es/blog/espana-lidera-las-energias-renovables-con-un-crecimiento-del-100/>
- Generisis. (2024). *El auge de la energía solar en España en 2024.* <https://www.generisis.es/articulos/el-auge-de-la-energia-solar-en-espana-en-2024>
- APPA Renovables. (2024, enero). *El autoconsumo cubre ya el 3% de la demanda eléctrica.* <https://www.appa.es/wp-content/uploads/2024/01/NDP-APPA-Renovables-El-autoconsumo-cubre-ya-el-3-por-ciento-de-la-demanda-electrica.pdf>
- El Economista. (2018, octubre). *El Gobierno elimina el impuesto al sol.* <https://www.eleconomista.es/economia/noticias/9432794/10/18/El-Gobierno-elimina-el-impuesto-al-sol-o-cargos-al-autoconsumo-electrico.html>
- AutoSolar. (s.f.). *Inversor Huawei SUN2000-6KTL-L1 6000W.* <https://autosolar.es/inversores-hibridos-monofasicos/inversor-huawei-sun2000-6ktl-l1-6000w>
- AutoSolar. (s.f.). *¿Cuánto cuesta una instalación fotovoltaica?* <https://autosolar.es/mi-experiencia-placas-solares/cuanto-cuesta-una-instalacion-fotovoltaica>
- Suministros del Sol. (s.f.). *Batería Huawei LUNA2000-5/10/15-S0.* <https://suministrodelsol.com/es/baterias-litio-huawei/971-16423-bateria-de-litio-huawei-luna2000-51015-s0-5kwh-10kwh-o-15kwh.html#/278-huawei-luna2000-5-15kwh-huawei-luna2000-15kwh/1776-soporte-tecnico-y-garantia-no>
- HuffPost. (2024). *El Gobierno prorroga las ayudas al coche eléctrico con 400 millones para el Plan MOVES III.* <https://www.huffingtonpost.es/politica/gobierno-prorroga-ayudas-coche-electrico-400-millones-plan-moves-iii.html>

- 
- El País. (2025, abril 2). Cómo solicitar las ayudas al coche eléctrico y hasta cuando se amplía el plazo del Plan MOVES III. <https://elpais.com/economia/2025-04-02/como-solicitar-las-ayudas-al-coche-electrico-y-hasta-cuando-se-amplia-el-plazo-del-plan-moves-iii.html>
  - European Commission. (s.f.). Joint Research Centre. [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/index\\_en?prefLang=es](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/index_en?prefLang=es)

# ANEXOS

## ANEXO I - FICHA TÉCNICA PANEL JA SOLAR JAM66S30-500/MR



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

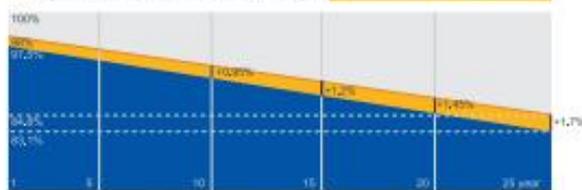


Better mechanical loading tolerance

### Superior Warranty

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

0.55% Annual Degradation Over 25-years



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

### Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



**JA SOLAR**

[www.jasolar.com](http://www.jasolar.com)

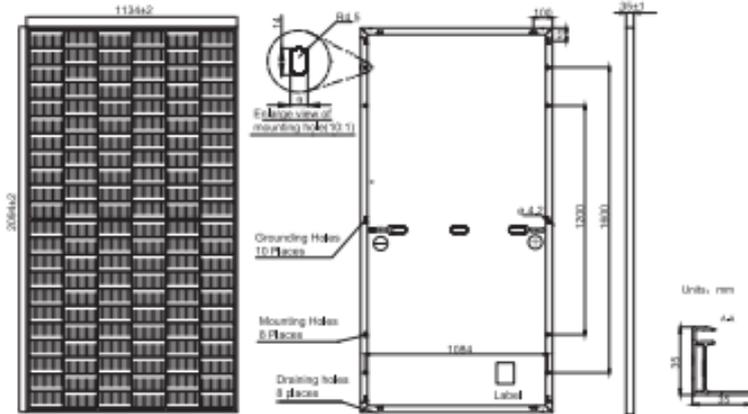
Specifications subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.



JA SOLAR

JAM66S30 480-505/MR Series

**MECHANICAL DIAGRAMS**



Remark: customized frame color and cable length available upon request

**SPECIFICATIONS**

Cell	Mono
Weight	26.3kg±3%
Dimensions	2094±2mm×1134±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	132(6×22)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-3S(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)-400mm(-); Landscape: 1200mm(+)-1200mm(-)
Packaging Configuration	31pcs/Pallet, 682pcs/40ft Container

**ELECTRICAL PARAMETERS AT STC**

TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	480	485	490	495	500	505
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45.07	45.20	45.33	45.46	45.59	45.72
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	37.62	37.81	37.99	38.17	38.35	38.53
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.2	20.4	20.6	20.8	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

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

**ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT**

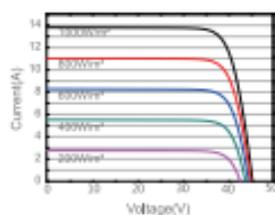
TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	363	367	370	374	378	382
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	42.15	42.30	42.43	42.58	42.72	42.86
Max Power Voltage(Vmp) [V]	35.54	35.67	35.76	35.84	35.93	36.02
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.99	11.06	11.13	11.20	11.27	11.34
Max Power Current(Imp) [A]	10.21	10.28	10.36	10.44	10.52	10.60
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

**OPERATING CONDITIONS**

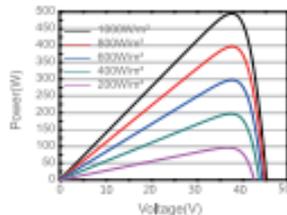
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40 C ~ +85 C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load Front*	5400Pa(112lb/ft <sup>2</sup> )
Maximum Static Load Back*	2400Pa(50lb/ft <sup>2</sup> )
NOCT	45±2 C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

**CHARACTERISTICS**

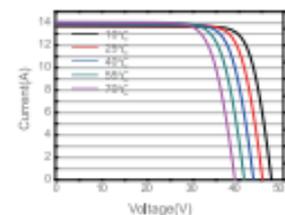
Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Power-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Premium Cells, Premium Modules

Version No. : Global\_EN\_20200903A

**ANEXO II - FICHA TÉCNICA INVERSOR HUAWEI SUN2000-6KTL-L1**

**Smart Energy Center**



**Seguridad activa**

Protección contra arcos eléctricos  
 activo con tecnología de IA



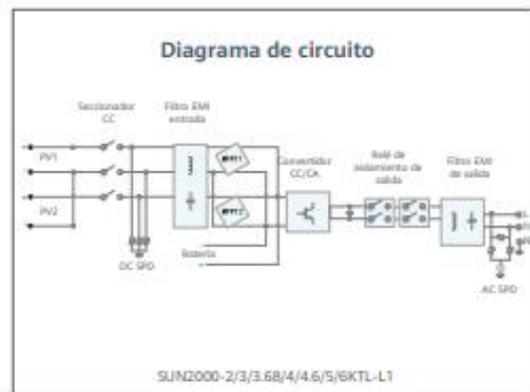
**Mayor rendimiento**

Hasta un 30 % más de  
 energía con optimizadores



**2x POTENCIA de Batería**

5kW de Salida en CA más  
 5kW de Carga en Baterías



SUN2000-2/3/3.68/4/4.6/5/6KTL-L1  
**Especificaciones técnicas**

Especificaciones técnicas	SUN2000 -2KTL-L1	SUN2000 -3KTL-L1	SUN2000 -3.68KTL-L1	SUN2000 -4KTL-L1	SUN2000 -4.6KTL-L1	SUN2000 -5KTL-L1	SUN2000 -6KTL-L1 <sup>1</sup>
<b>Eficiencia</b>							
Eficiencia Máxima	98.2 %	98.3 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %
Eficiencia europea	96.7 %	97.3 %	97.3 %	97.5 %	97.7 %	97.8 %	97.8 %
<b>Entrada ( FV )</b>							
Entrada de CC máxima recomendada =	3,000 Wp	4,500 Wp	5,520 Wp	6,000 Wp	6,900 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp
Máx. tensión de entrada	600 V <sup>2</sup>						
Tensión de arranque	100 V						
Rango de tensión de operación de MPPT	90 V - 560 V <sup>1</sup>						
Tensión nominal de entrada	360 V						
Máx. intensidad por MPPT	12.5 A						
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT	18 A						
Cantidad de MPPTs	2						
Máx. número de entradas por MPPT	1						
<b>Entrada ( Batería CC )</b>							
Batería compatible	LG Chem RESU 7H_R / 10H_R						
Rango de tensión de operación	350 - 450 Vdc						
Max. corriente de operación	10 A @7H_R / 15 A @10H_R						
Potencia de carga máxima	3,500 W @7H_R / 5,000 W @10H_R						
Potencia máxima de descarga @ 7H_R	2,200 W	3,300 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W
Potencia máxima de descarga @ 10H_R	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Batería compatible	HUAWEI Smart ESS Battery 5kWh - 30kWh <sup>3</sup>						
Rango de tensión de operación	350 - 560 Vdc						
Max. corriente de operación	15 A						
Potencia de carga máxima	5,000 W <sup>4</sup>						
Potencia máxima de descarga	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
<b>Salida</b>							
Monofásica							
Conexión a la red eléctrica							
Potencia de salida nominal	2,000 W	3,000 W	3,680 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W <sup>5</sup>	6,000 W
Máx. potencia aparente de CA	2,200 VA	3,300 VA	3,680 VA	4,400 VA	5,000 VA <sup>6</sup>	5,500 VA <sup>7</sup>	6,000 VA
Tensión nominal de Salida	220 Vac / 230 Vac / 240 Vac						
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz						
Máx. intensidad de salida	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A <sup>8</sup>	25 A <sup>9</sup>	27.3 A
Factor de potencia ajustable	0.8 leading ... 0.8 lagging						
Máx. distorsión armónica total	≤ 3 %						
Salida para SAI	SI (a través de Backup Box-80 <sup>10</sup> )						
<b>Protección &amp; Características</b>							
Protección anti-ísla	SI						
Protección contra polaridad inversa de CC	SI						
Monitorización de aislamiento	SI						
Protección contra descargas atmosféricas CC	SI, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11						
Protección contra descargas atmosféricas CA	SI, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11						
Monitorización de la corriente residual	SI						
Protección contra sobretensión de CA	SI						
Protección contra cortocircuito de CA	SI						
Protección contra sobretensión de CA	SI						
Protección contra sobrecalentamiento	SI						
Protección de falla de arco	SI						
Carga inversa de la batería desde la red	SI						
<b>Datos generales</b>							
Rango de temperatura de operación	-25 - +60 °C						
Humedad relativa de operación	0 %RH - 100 %RH						
Altitud de operación	0 - 4,000 m (disminución de la capacidad eléctrica a partir de los 2000 m)						
Ventilación	Convección natural						
Pantalla	Indicadores LED; WLAN integrado + aplicación FusionSolar						
Comunicación	RS485, WLAN a través del módulo WLAN incorporado en el inversor Ethernet a través de Smart Dongle-WLAN-FE (Opcional); 4G / 3G / 2G a través de Smart Dongle-4G (Opcional)						
Peso (incluido soporte de montaje)	12.0 kg						
Dimensiones (incluido soporte de montaje)	365mm * 365mm * 156 mm						
Grado de protección	IP65						
Consumo de energía durante la noche	< 2.5 W						
<b>Compatibilidad con optimizadores</b>							
Optimizador compatible con MBUS CC	SUN2000-450W-P						
<b>Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)</b>							
Seguridad	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2						
Estándares de conexión a red eléctrica	G98, G99, EN 50549-1, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777.2, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, IEC61727, IEC62116						

<sup>1</sup> Disponible en Q1 del 2020.

<sup>2</sup> La potencia fotovoltaica de entrada máxima del inversor es de 10,000Wp cuando los cables largos se conectan y conectan al completo al optimizador de potencia SUN2000-450W-P.

<sup>3</sup> El límite máximo de tensión de entrada y de operación se reduce a 480 V cuando el inversor se conecta y funciona con la batería LG.

<sup>4</sup> 2,500W en las baterías HUAWEI ESS de 5kWh.

<sup>5</sup> AS4777.2-4.991W \* 8, VDE-AR-N 4105-4.802VA / AS4777.2-4.999VA \* 7, AS4777.2-4.999VA / C10/11-5.000VA \* 8, AS4777.2-21.7A.

## ANEXO III - FICHA TÉCNICA BATERÍA HUAWEI LUNA2000-15-S0

### Smart String Energy Storage System



#### More Usable Energy

100% Depth of Discharge  
Pack Level Energy Optimization



#### Flexible Investment

5kWh Modular Design,  
Scalable from 5 to 30 kWh



#### Safe & Reliable

Lithium Iron Phosphate (LFP) Cell



#### Easy Installation

12 kg Power Module  
50 kg Battery Module



#### Quick Commissioning

Automatically Detected in App



#### Perfect Compatibility

Compatible to Both Residential  
Single & Three Phase Inverter



[SOLAR.HUAWEI.COM/EU/](http://SOLAR.HUAWEI.COM/EU/)

LUNA2000-5/10/15-S0  
**Technical Specification**



Performance			
Power module	LUNA2000-5KW-CD		
Number of power modules	1		
Battery module	LUNA2000-S-E0		
Battery module energy	5 kWh		
Number of battery Modules	1	2	3
Battery usable energy <sup>1</sup>	5 kWh	10 kWh	15 kWh
Max. output power	2.5 kW	5 kW	5 kW
Peak output power	3.5 kW, 10 s	7 kW, 10 s	7 kW, 10 s
Nominal voltage (single phase system)	450 V		
Operating voltage range (single phase system)	350 - 560 V		
Nominal voltage (three phase system)	600 V		
Operating voltage range (three phase system)	600 - 980 V		

Communication	
Display	SOC status indicator, LED indicator
Communication	RS485 / CAN (only for parallel operation)

General Specification			
Dimension (W*D*H)	670 * 150 * 600 mm (26.4 * 5.9 * 23.6 inch)	670 * 150 * 960 mm (26.4 * 5.9 * 37.8 inch)	670 * 150 * 1320 mm (26.4 * 5.9 * 60.0 inch)
Weight (Floor stand toolkit included)	63.8 kg (140.7 lb)	113.8 kg (250.9 lb)	163.8 kg (361.1 lb)
Power module dimension (W*D*H)	670 * 150 * 240 mm (26.4 * 5.9 * 9.4 inch)		
Power module weight	12 kg (26.5 lb)		
Battery module dimension (W*D*H)	670 * 150 * 360 mm (26.4 * 5.9 * 14.0 inch)		
Battery module weight	50 kg (110.2 lb)		
Installation	Floor stand (standard), Wall mount (optional)		
Operating temperature	-10°C - + 55°C (-4°F - 131°F) <sup>2</sup>		
Operating altitude	0 - 4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2,000 m)		
Environment	Indoor / Outdoor		
Relative humidity	5% - 95%		
Cooling	Natural convection		
Protection rating	IP 66		
Noise emission	<29 dB		
Cell technology	Lithium-Iron phosphate (LiFePO4)		
Scalability	Max. 2 systems in parallel operation		
Compatible inverters	SUN2000-2/3/3.68/4/4.6/5/6KTL-L1, SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M0 <sup>4</sup> , SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1		

Standard Compliance (more available upon request)	
Certificates	CE, RCM, CEC, VDE2510-S0, IEC62619, IEC 60730, UN38.3

Ordering and Deliverable Part	
Product ordering model <sup>5</sup>	LUNA2000-5KW-CD, LUNA2000-S-E0, LUNA2000 Wall Mounting Bracket

<sup>1</sup> Test conditions: 100% depth of discharge (DoD), 0.2C rate charge & discharge at 25°C  
<sup>2</sup> Charge/Discharge derating occurs when the operating temperature from -20°C to 5°C & 45°C to 55°C  
<sup>3</sup> Refer to battery warranty letter for conditional application.  
<sup>4</sup> Available in Q1, 2021  
<sup>5</sup> Storage system is ordered and delivered in the form of power module and battery module separately with corresponding quantity.  
 Version No. 04-(20201006) SOLAR.HUAWEI.COM/EU/

**ANEXO IV - MANUAL PARA EL USUARIO DE TESLA WALL CONNECTOR GEN 2**



**CONECTOR MÓVIL DE 2.<sup>a</sup>  
GENERACIÓN**

**MANUAL DEL PROPIETARIO**



EUROPE



## **Contents**

---

**Información de seguridad.....2**

**Información general.....4**

**Adaptadores.....7**

**Cómo realizar la carga.....9**

**Solución de problemas.... 11**

## Información de seguridad



### Guarde estas instrucciones importantes de seguridad

Esta página contiene advertencias e instrucciones importantes que deben seguirse cuando utilice el conector móvil.

#### Advertencias

-  **AVISO:** Lea todo el documento antes de utilizar el conector móvil. Si no lo hace o no sigue las instrucciones o advertencias de este documento, podrían producirse incendios, descargas eléctricas o lesiones graves o mortales.
-  **AVISO:** Utilice el conector móvil únicamente dentro de los parámetros de funcionamiento especificados.
-  **AVISO:** El conector móvil está destinado exclusivamente a vehículos que no necesiten ventilación durante la carga.
-  **AVISO:** No utilice los adaptadores del conector móvil en tomas para las que no estén diseñados.
-  **AVISO:** No utilice un conector móvil si está defectuoso, agrietado, desgastado, roto o dañado de alguna otra manera, o no funcione correctamente.
-  **AVISO:** No intente abrir, desmontar, reparar, alterar o modificar el conector móvil. El conector móvil no es un dispositivo que el usuario pueda reparar. Póngase en contacto con Tesla si necesita alguna reparación.
-  **AVISO:** No utilice un cable alargador, un adaptador con varias tomas, un adaptador para varios enchufes, un enchufe adaptador o un multi-contacto para enchufar el conector móvil.
-  **AVISO:** No desconecte el conector móvil de la toma de corriente cuando el vehículo se esté cargando.
-  **AVISO:** No enchufe el conector móvil a una toma de corriente desgastada, suelta o dañada. Asegúrese de que las clavijas del conector móvil se ajusten perfectamente a la toma de corriente.
-  **AVISO:** No conecte el conector móvil a una toma de corriente que no esté conectada correctamente a masa.
-  **AVISO:** No exponga el conector móvil a vapores o productos químicos peligrosos o inflamables. No utilice o guarde el conector móvil en una zona empotrada o por debajo del nivel del suelo. Cuando use el conector móvil en una ubicación de interior como un garaje, coloque el controlador principal del conector móvil a una distancia mínima del suelo de 46 cm.
-  **AVISO:** No utilice el conector móvil cuando usted, el vehículo o el conector se vean expuestos a una lluvia torrencial, tormenta de nieve, tormenta eléctrica u otra condición meteorológica adversa.
-  **AVISO:** Cuando transporte el conector móvil, tenga precaución para evitar daños en cualquiera de sus componentes. No someta el conector móvil a torsiones fuertes o impactos. No lo retuerza, enrede, arrastre, pise ni tire de él para proteger tanto el conector como los componentes.
-  **AVISO:** Proteja el conector móvil de la humedad, el agua y las partículas extrañas en todo momento. Si el conector móvil sufre algún daño o corrosión, o parece haberlo sufrido, no lo utilice.
-  **AVISO:** Si llueve durante la carga, no permita que el agua corra por el cable y moje la toma de corriente o la toma de carga, lo que podría humedecer la toma eléctrica o el puerto de carga.
-  **AVISO:** No enchufe el conector móvil en una toma eléctrica que esté sumergida en agua o cubierta de nieve. Si el enchufe del conector móvil ya está conectado en esta situación y debe desconectarse, apague el interruptor antes de hacerlo.



## Información de seguridad

---



**AVISO:** No toque los terminales del conector móvil con objetos metálicos puntiagudos, como alambres, herramientas o agujas. No doble a la fuerza ninguna sección del conector móvil ni lo dañe con objetos puntiagudos. No introduzca objetos extraños en ninguna de las secciones del conector móvil.



**AVISO:** No cargue un vehículo que esté cubierto por una funda protectora no homologada por Tesla.



**AVISO:** Asegúrese de que el cable de carga del conector móvil no obstaculice a los peatones u otros vehículos u objetos.



**AVISO:** El uso del conector móvil puede afectar o perjudicar el funcionamiento de los dispositivos electrónicos médicos o implantados, como marcapasos cardíacos o desfibriladores cardioversores. Consulte con el fabricante del dispositivo electrónico para conocer los efectos que la carga puede tener en dicho dispositivo antes de utilizar el conector móvil.



**AVISO:** No utilice disolventes para limpiar el conector móvil.

## Precauciones



**PRECAUCIÓN:** No utilice generadores eléctricos privados como fuente de alimentación para la carga.



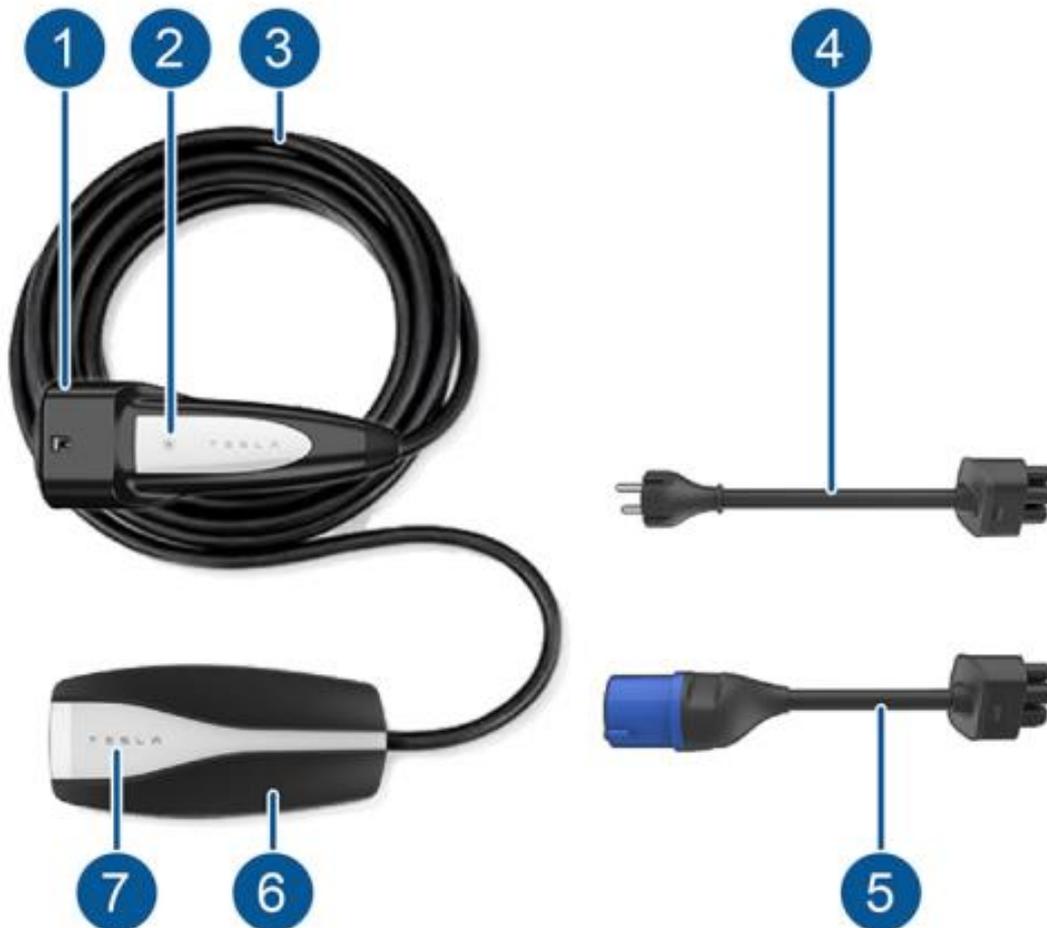
**PRECAUCIÓN:** No utilice el Conector móvil a temperaturas que estén fuera del rango de funcionamiento de -30 °C a +50 °C.



**PRECAUCIÓN:** Guarde el Conector móvil en un lugar limpio y seco a una temperatura entre -40 °C y +85 °C.



### Descripción general de los componentes del conector móvil



1. Empuñadura
2. Botón en la empuñadura
3. Cable
4. Adaptador Schuko
5. Adaptador IEC 60309 de tres patillas (azul)
6. Controlador del Conector móvil
7. Luces de estado

### Especificaciones

Use únicamente una toma de corriente de 200-240 voltios (monofásica) de CA y un tomacorriente de pared de 50-60 hertzios que disponga de un circuito específico y esté conectado adecuadamente a tierra. La corriente monofásica mínima es de 8A.

Si es posible, use un enchufe específico con una única toma. Si el enchufe tiene dos tomas, no conectar ningún otro dispositivo en la otra toma.



## Información general

El conector móvil mide 6 metros de largo. Utilice una toma de corriente existente o instale una nueva a una distancia aproximadamente de 4 metros del puerto de carga del vehículo y al menos a 45 cm del suelo. El puerto de carga está ubicado en el lado izquierdo del vehículo, detrás de una tapa que está cerca del conjunto de luz trasera.



**AVISO:** No utilice un cable de extensión, adaptador con varias tomas, adaptador para varios enchufes, enchufe adaptador ni un multi-contacto para enchufar el Conector móvil.

## Referencia de especificaciones

Descripción	Especificaciones
Voltaje	100-240 voltios de CA monofásica
Corriente máxima	Máximo de 32 A; controlado por el adaptador adecuado
Frecuencia de la red	50 o 60 Hz
Longitud del cable	6 m con adaptador instalado
Dimensiones del controlador de conector móvil	Altura: 179,8 mm Anchura: 81,7 mm Profundidad: 47,3 mm
Peso	2,4 kg
Temperatura de funcionamiento	-30 °C a +50 °C
Tipo de alojamiento	IP 55 (uso interior y exterior)
Ventilación	No necesaria

**NOTA:** Para cumplir con la legislación específica del país, el conector móvil limita automáticamente las corrientes de carga en tomas domésticas para cargas continuadas (normalmente cuando la duración de la carga es de más de dos horas). Aumente la corriente de carga solo para sesiones de carga cortas (de menos de dos horas).

## Tiempo de carga

El tiempo de carga depende de la tensión y la corriente disponibles en la toma de corriente, y está sujeto a varias condiciones. El tiempo de carga también depende de la temperatura ambiente y la temperatura de la batería del vehículo. Si la batería no se encuentra dentro del rango de temperatura óptimo para la carga, el vehículo calentará o enfriará la batería antes de la carga o durante esta.

Para calcular el tiempo total que se tarda en recargar la batería en horas (desde cerca del cero hasta cerca del 100 %), divida la capacidad de la batería (kWh) entre la potencia (kW). Tenga en cuenta que diferentes adaptadores proporcionan diferentes salidas de corriente y potencia.

Si está cargando un Tesla, también puede tocar el icono **Cargando** para verificar la información del estado de carga; se muestra el tiempo restante para alcanzar la carga completa y el nivel de carga seleccionado.

Para obtener más información sobre el tiempo que se tarda en cargar el vehículo Tesla, visite [www.tesla.com](http://www.tesla.com).



### Referencia de índice de carga

Adaptador	Corriente	Potencia a 230 voltios
Schuko	13 A	3 kW
Italia	13 A	3 kW
Suiza	10 A	2,3 kW
Reino Unido	10 A	2,3 kW
AU 10	8 A	1,8 kW
AU 15	12 A	2,8 kW
16 A azul	16 A	3,7 kW
32A azul	32 A	7,4 kW



## Adaptadores

---

El conector móvil dispone de varios adaptadores que permiten enchufarlo a la mayoría de tomas de corriente de la región. Los adaptadores suministrados junto al conector móvil variarán en función del mercado de destino.

Por ejemplo, los siguientes adaptadores están disponibles:

### Schuko:



### IEC 60309 de 3 patillas (azul):



Para adquirir adaptadores, visite [www.tesla.com](http://www.tesla.com).

## Extracción del adaptador

Para extraer un adaptador, sujételo firmemente y tire para retirarlo de la toma.





### Fijación del adaptador

Para fijar un adaptador, debe alinearlos con el controlador del conector móvil y presionar para introducirlo en la toma hasta que encaje en su lugar.

**NOTA:** El conector móvil detecta automáticamente el adaptador conectado y establece la intensidad de corriente adecuada.





## Cómo realizar la carga

### Conexión

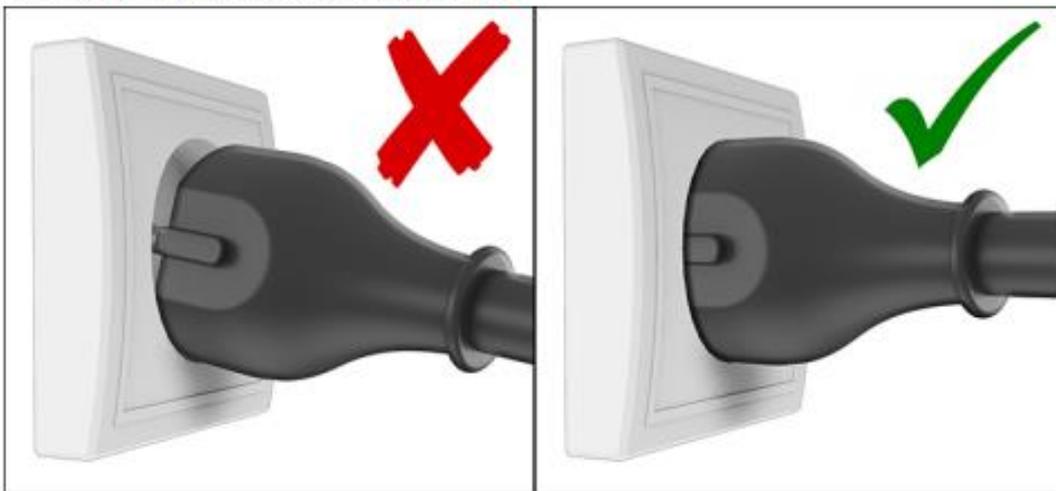


**PRECAUCIÓN:** Siempre inspeccione el Conector móvil y el adaptador para verificar que no estén dañados antes de cada uso.

**NOTA:** Las ilustraciones se proporcionan únicamente con fines de comprensión conceptual. Es posible que el vehículo y el conector móvil específicos tengan un aspecto ligeramente diferente.

**NOTA:** Si está cargando un vehículo Tesla, busque más información sobre cómo cargar su vehículo (cómo ajustar la configuración de carga, ver el estado de carga, etc.) en la sección Instrucciones de carga del Manual del propietario. Para ver el Manual del propietario en la pantalla táctil de su vehículo, toque el iniciador de aplicaciones y seleccione la aplicación Manual.

1. Asegúrese de que el adaptador del Conector móvil coincida con la toma de corriente que desea utilizar.
2. Enchufe el adaptador del conector móvil a la toma de corriente. El adaptador deberá estar completamente insertado en la toma de corriente.



3. Abra la tapa del puerto de carga. Si está cargando un vehículo Tesla, pulse el botón de la parte superior de la empuñadura del conector móvil con el vehículo desbloqueado y en posición de estacionamiento para abrir la tapa del puerto de carga.



## Cómo realizar la carga



**NOTA:** Si está cargando un vehículo Tesla, su vehículo se desbloquea si la llave está cerca y se ha habilitado la apertura automática. También puede abrir el puerto de carga con cualquiera de estos métodos:

- Visualice la pantalla de carga en la pantalla táctil del vehículo y toque **Abrir puerto de carga**.
  - En la llave inteligente (según equipamiento), mantenga pulsado el botón del maletero trasero durante 1 o 2 segundos.
  - Presione la tapa del puerto de carga cuando el vehículo esté desbloqueado.
  - Utilice un comando de voz (también puede utilizar un comando de voz para cerrar la tapa del puerto de carga y para iniciar o detener la carga).
4. Enchufe la empuñadura del conector móvil en el puerto de carga de su vehículo.
  5. Cuando enchufe el Conector móvil en su vehículo Tesla, la luz indicadora del puerto de carga se enciende intermitentemente en color verde durante la carga, y el vehículo muestra la información de carga. La pantalla se apaga cuando usted ha cerrado todas las puertas, y la luz indicadora del puerto de carga dejará de parpadear poco después de que usted haya cerrado el vehículo.

## Desconexión

Cuando la carga de un vehículo Tesla está completa, la luz indicadora del puerto de carga deja de parpadear y se queda en verde fijo.

1. Con el vehículo abierto, mantenga presionado el botón de la empuñadura del conector móvil, espere a que el indicador del puerto de carga cambie a color blanco y luego tire del conector móvil para sacarlo del puerto de carga.

**NOTA:** Para evitar la desconexión no autorizada del cable de carga, el vehículo debe abrirse o reconocer una llave cerca antes de poder desconectar el cable.

**NOTA:** Cuando el pestillo en el puerto de carga se retrae, el conector móvil deja de suministrar energía y se puede desenchufar del vehículo sin riesgo.

2. La tapa del puerto de carga se cierra automáticamente al extraer el cable de carga de un vehículo Tesla.

**NOTA:** Si su vehículo no está equipado con una puerta automatizada del puerto de carga, quizá tenga que empujar la puerta para cerrarla.

Tesla recomienda dejar el conector móvil enchufado a la toma de pared para reducir el desgaste debido al uso diario. Si no va a utilizar el conector móvil durante un tiempo (por ejemplo, al irse de vacaciones), desconéctelo y guárdelo en un lugar adecuado.



## Solución de problemas

### Luces de estado del conector móvil de segunda generación

Cuando la carga está en curso y las condiciones son normales, el logotipo Tesla se ilumina secuencialmente y la luz roja se apaga. Preste atención a estas luces para identificar cualquier problema.



En algunos casos puede necesitar restablecer el dispositivo; se desenchufa el Conector móvil del vehículo o del toma corriente.

Luces verdes	Luz roja	Significado	Qué hacer
Todas encendidas durante 1 segundo	Apagado	Secuencia de inicio.	Nada. El conector móvil está iniciándose.
Todas encendidas	Apagado	Alimentación encendida. El conector móvil recibe corriente y está en espera, pero no está cargando.	Asegúrese de que el conector móvil esté conectado al vehículo.
Secuenciales	Apagado	Carga en curso.	Nada. El conector móvil está cargando correctamente.
Secuenciales	1 parpadeo	La corriente de carga se reduce debido a la alta temperatura detectada en el conector del vehículo.	Desenchufe el conector móvil del vehículo, y luego vuelva a conectarlo. Considere la posibilidad de cargar en un lugar más fresco, como en interiores o a la sombra. Si el error sigue estando presente, póngase en contacto con su Centro de servicio más cercano.
Secuenciales	2 parpadeos	La corriente de carga se reduce debido a la alta temperatura detectada en el enchufe de entrada que se conecta al controlador del conector móvil.	Desenchufe el conector móvil tanto del vehículo como de la toma de pared. Asegúrese de que el adaptador esté completamente insertado, enchufe el conector móvil en la pared y, a continuación, enchúfelo al vehículo. Si el error sigue estando presente, póngase en contacto con su Centro de servicio más cercano.

## Solución de problemas



Luces verdes	Luz roja	Significado	Qué hacer
Secuenciales	3 parpadeos	La corriente de carga se ha reducido debido a la alta temperatura detectada en el controlador del conector móvil.	Desenchufe el conector móvil del vehículo, y luego vuelva a conectarlo. Considere la posibilidad de cargar en un lugar más fresco, como en interiores o a la sombra. Si el error sigue estando presente, póngase en contacto con su Centro de servicio más cercano.
Secuenciales	4 parpadeos	La corriente de carga se ha reducido debido a la alta temperatura detectada en la toma de la pared.	Asegúrese de que la toma de corriente es adecuada para la carga y que el enchufe esté bien asentado. Considere la opción de usar un enchufe diferente. Si no está seguro, pregunte a un electricista.
Secuenciales	5 parpadeos	La corriente de carga se ha reducido debido a un fallo detectado en el adaptador.	Asegúrese de que el adaptador del conector móvil esté fijado correctamente.
Apagado	1 parpadeo	Falla de conexión a tierra. Hay una fuga de corriente eléctrica por un lugar potencialmente peligroso.	Desenchufe el conector móvil del vehículo y vuelva a conectarlo. Pruebe una toma diferente. Si el error sigue estando presente, póngase en contacto con su Centro de servicio más cercano.
Apagado	2 parpadeos	Pérdida de conexión a tierra. El conector móvil detecta una pérdida de conexión a tierra.	Asegúrese de que la toma de corriente esté conectada correctamente a tierra. Considere la opción de usar un enchufe diferente. Si no está seguro, pregunte a un electricista.
Apagado	3 parpadeos	Fallo de contactor o repetidor.	Desenchufe el conector móvil del vehículo y vuelva a conectarlo. Pruebe una toma diferente. Si el error sigue estando presente, póngase en contacto con su Centro de servicio más cercano.
Apagado	4 parpadeos	Protección de exceso o defecto de tensión.	Asegúrese de que la toma de corriente es adecuada para la carga y que el enchufe esté bien asentado. Considere la opción de usar un enchufe diferente. Si no está seguro, pregunte a un electricista.
Apagado	5 parpadeos	Fallo del adaptador.	Asegúrese de que el adaptador del conector móvil esté fijado correctamente.
Apagado	6 parpadeos	Fallo del piloto. El nivel del piloto es incorrecto.	Desenchufe el conector móvil del vehículo y vuelva a conectarlo. Pruebe una toma diferente. Si el error sigue estando presente, póngase en contacto con su Centro de servicio más cercano.



## Solución de problemas

Luces verdes	Luz roja	Significado	Qué hacer
Apagado	7 parpadeos	Discrepancia o error de software.	Actualice el software del vehículo si está disponible. Si no hay una actualización disponible, póngase en contacto con su Centro de servicio más cercano.
Apagado	Encendidas	Autocomprobación con errores.	Desenchufe el conector móvil del vehículo y luego vuelva a conectarlo. Si el error persiste, desconecte el conector móvil tanto del vehículo como de la toma de corriente y, a continuación, vuelva a conectarlo.
Todas encendidas	1 parpadeo	Fallo térmico.	Intente efectuar la carga en una zona más fría, como en un espacio cerrado o a la sombra. Si el error sigue estando presente, póngase en contacto con su Centro de servicio más cercano.
Todas encendidas	5 parpadeos	Fallo del adaptador. La corriente de carga está limitada a 8 A.	Desenchufe el conector móvil del vehículo. Vuelva a enchufar el conector móvil al vehículo. Si el error persiste, desconecte el conector móvil tanto del vehículo como de la toma de corriente y, a continuación, vuelva a conectarlo.
Apagado	Apagado	No se recibe corriente.	Desenchufe el conector móvil y compruebe que la salida de potencia tenga corriente.

### ¿Tiene alguna pregunta?

[chargingsupportemea@tesla.com](mailto:chargingsupportemea@tesla.com)

<http://tesla.com/support>

TESLA

Fecha de publicación: 2024/08/28

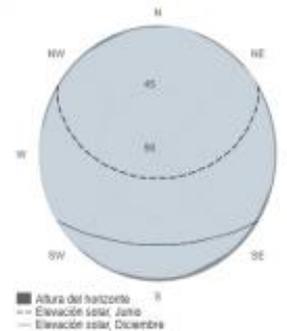
## ANEXO V: INFORME IRRADIACIÓN GLOBAL PROPORCIONADO POR PVGIS



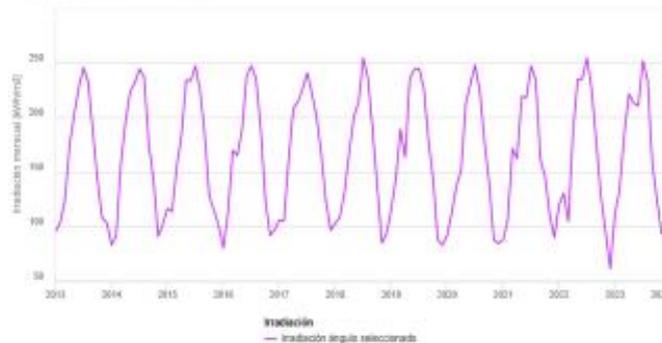
### PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

**Datos proporcionados**  
 Latitud/Longitud: 40.494,-3.716  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH3  
 Año inicial: 2013  
 Año final: 2023  
**VARIABLES INCLUIDAS EN ESTE INFORME:**  
 Irradiación global horizontal: No  
 Irradiación directa normal: No  
 Irradiación global con el ángulo óptimo: No  
 Irradiación global con el ángulo 15°: Si  
 Ratio difusa/global: No  
 Temperatura media: No

### Perfil del horizonte en la localización seleccionada



### Irradiación solar mensual



### Irradiación global con el ángulo

Mes	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	95.38	83.05	116.42	80.32	105.95	102.66	115.67	91.65	87.5	119.96	112.02
Febrero	103.87	91.14	113.0	113.49	105.54	108.95	143.78	112.59	108.01	130.43	134.11
Marzo	124.32	157.87	158.22	169.76	161.35	131.58	189.4	137.14	171.52	104.77	184.7
Abril	174.25	195.44	183.44	165.09	208.43	168.36	163.58	151.5	162.03	186.37	221.42
Mayo	202.93	223.74	233.89	188.21	214.11	200.84	235.73	212.99	218.93	234.54	212.94
Junio	227.57	231.8	233.45	238.21	226.26	213.49	244.09	230.59	217.99	235.3	210.51
Julio	245.49	244.41	247.05	247.11	240.67	254.17	244.41	247.81	247.03	254.39	251.53
Agosto	232.1	236.41	224.41	235.32	221.82	236.05	226.75	224.04	233.94	225.22	234.52
Septiembre	186.69	174.77	183.72	190.16	200.18	189.29	178.24	178.18	161.85	177.07	158.49
Octubre	141.93	142.95	127.2	124.86	165.72	136.85	143.02	141.03	145.82	126.71	124.8
Noviembre	107.84	90.83	114.49	91.9	122.74	84.89	87.31	87.78	110.84	94.7	93.61
Diciembre	103.37	101.97	100.63	96.83	96.69	93.53	83.12	84.52	89.98	61.3	95.14

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus iniciativas y las políticas de la Unión Europea en general. Siempre que sea posible se mantendrá la información precisa y actual. Todos los datos de esta web que se refieren a los estados, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web. Aunque hacemos lo posible por reducir al mínimo los errores humanos, algunos datos e información contenida en nuestra web pueden haberse producido o actualizado en cualquier momento de forma automática, y no podemos garantizar que esta información o datos de alguna manera al servicio. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que pueden surgir al utilizar esta web o al utilizar cualquier sistema de esta web.

Para obtener más información, por favor visite [https://ec.europa.eu/info/energy\\_en](https://ec.europa.eu/info/energy_en)

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2025.  
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2025/05/31



## ANEXO VI - CÁLCULO ESTIMADO DEL CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL

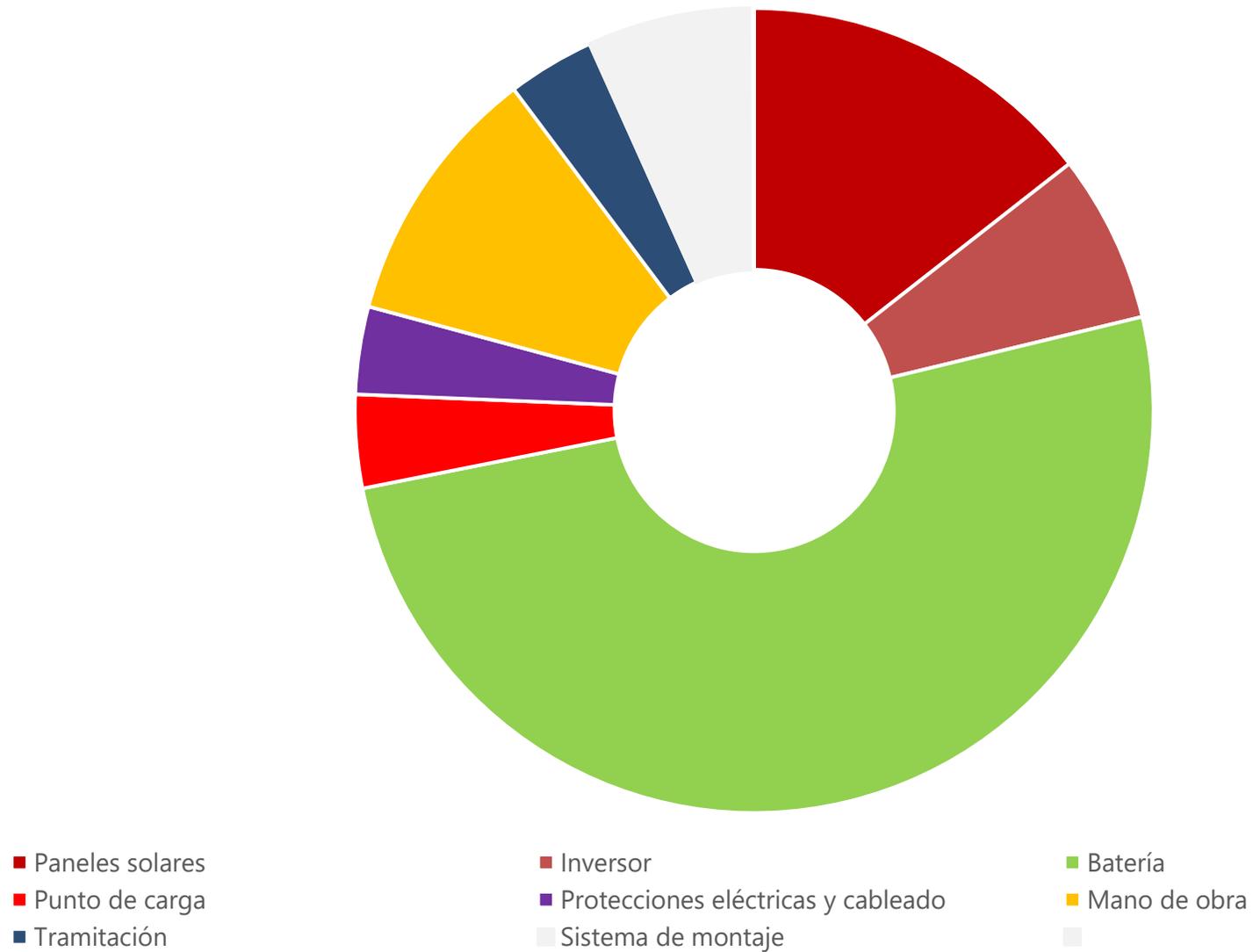
Elemento	Potencia (W)	Uso diario (h)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)	Consumo anual (kWh)
Lavadora	2000	1	2	61	732
Secadora	1000	2	2	61	732
Nevera 1	250	24	6	183	2196
Nevera 2	200	24	4,8	146,4	1756,8
Televisor 1	100	1	0,1	3,05	36,6
Televisor 2	100	1	0,1	3,05	36,6
Microondas	800	0,2	0,16	4,88	58,56
Vitrocerámica	3500	1	3,5	106,75	1281
Horno	1200	1	1,2	36,6	439,2
Lavavajillas	2000	1	2	61	732
Ordenador	600	5	3	91,5	1098
Iluminación	450	5	2,25	68,625	823,5
Aire acondicionado (planta 0) [1]	2500	5	12,5	381,25	2287,5
Aire acondicionado (habitaciones) [1]	5000	5	25	762,5	4575
Pequeños electrodomésticos	750	1	0,75	22,875	274,5
<b>Total</b>	<b>20450</b>	<b>77,2</b>	<b>65,36</b>	<b>1993,48</b>	<b>17059,26</b>

[1] – PARA EL CÁLCULO DEL CONSUMO ANUAL DEL AIRE ACONDICIONADO SE HA MULTIPLICADO POR 6 MESES, AL NO UTILIZARSE DURANTE TODO EL AÑO

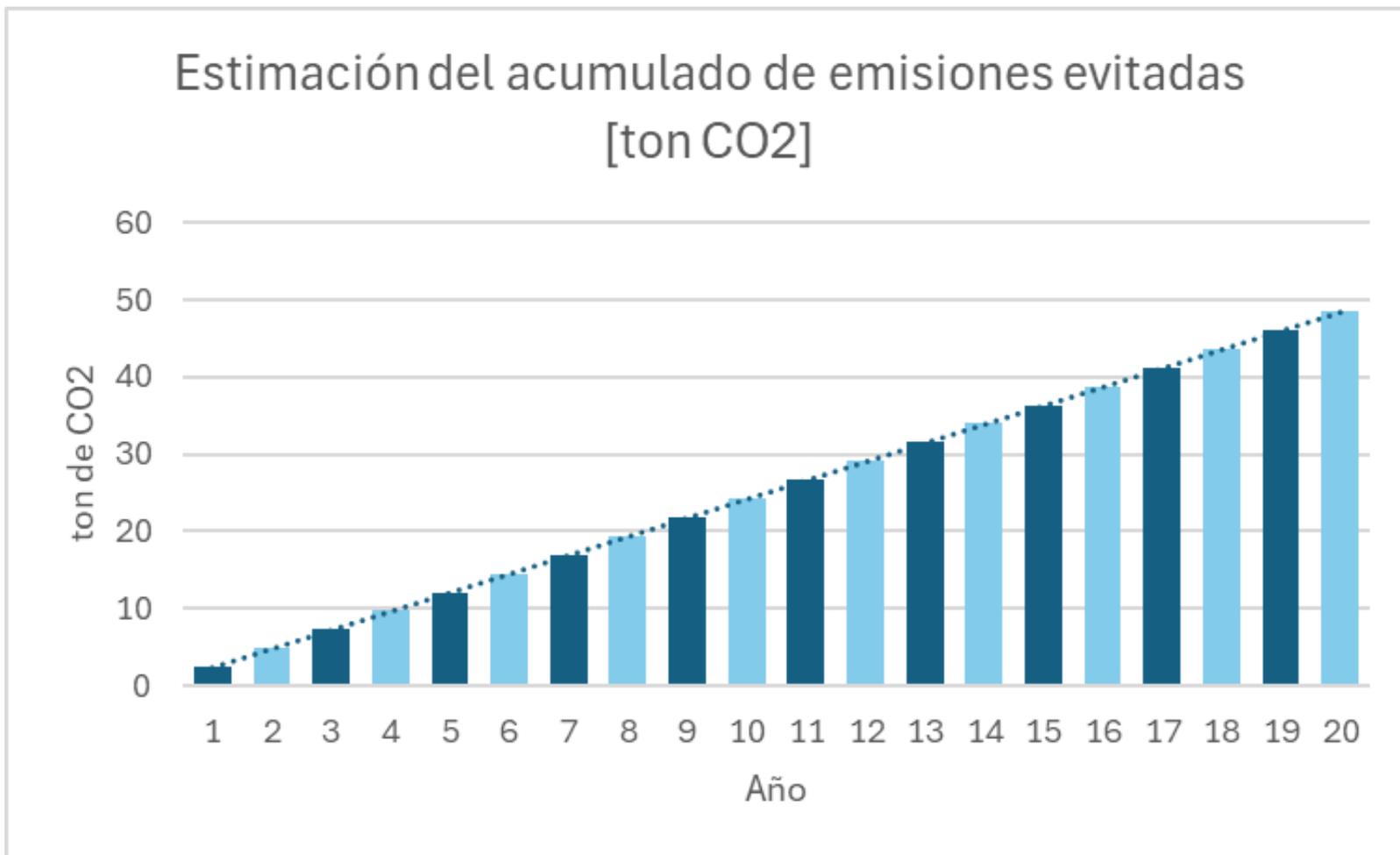
## ANEXO VII - PRESUPUESTO DETALLADO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Componente	Categoría	Importe unitario	Cantidad	Coste
Paneles solares <i>JA SOLAR JAM 66S30-500/MR</i>	Sistema fotovoltaico	137,27 €	15	2.059,05 €
Inversor <i>Huawei SUN2000-6KTL-L1</i>	Sistema fotovoltaico	961,95 €	1	961,95 €
Batería <i>Huawei LUNA2000-15-S0</i>	Sistema fotovoltaico	7.197,00 €	1	7.197,00 €
<i>TESLA Wall Connector Gen 2</i>	Sistema fotovoltaico	533,00 €	1	533,00 €
Protecciones eléctricas y cableado*	Sistema fotovoltaico	500,00 €	1	500,00 €
Instalación y puesta en marcha*	Mano de obra	1.500,00 €	1	1.500,00 €
Memoria técnica, boletín eléctrico, registro en Industria, solicitud de subvenciones y otros trámites*	Tramitación	500,00 €	1	500,00 €
Riel (3600 mm 4/35 Silver 800-1442 GmbH Mounting Systems)	Sistema de montaje	28,98 €	10	289,80 €
Anclaje para tejado (Stainless Steel 180-7-45 805-0010 GmbH Mounting Systems)	Sistema de montaje	9,77 €	60	586,20 €
Abrazaderas de extremo (End Clamps 702-0193 GmbH Mounting Systems)	Sistema de montaje	2,42 €	12	29,04 €
Abrazaderas intermedias (Mid Clamps 700-0080 GmbH Mounting Systems)	Sistema de montaje	1,56 €	24	37,44 €
Conectores de riel (4/35 Silver 602-0048 GmbH Mounting Systems)	Sistema de montaje	1,40 €	8	11,20 €
Tapas de riel (4/35 End Cap 814-0425 GmbH Mounting Systems)	Sistema de montaje	0,65 €	12	7,80 €
			TOTAL	14.212,48 €

### Distribución del presupuesto



ANEXO VIII – ESTIMACIÓN DEL ACUMULADO DE EMISIONES EVITADAS



NOTA: CÁLCULO REALIZADO A PARTIR DE LA ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN ANUAL Y EL DATO DE EMISIONES EVITADAS POR KWh DEL IDAE

ANEXO IX - PLANO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN *OPENSOLAR* VISTA SATÉLITE

