

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Diseño de una instalación fotovoltaica para
aplicación en un Glamping

Autor: Carmen Vega Pont

Tutores: Sergio Jesús Navas Herrera

Gracia María Cabello González

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

Sevilla, 2024



Trabajo Fin de Máster
Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Diseño de una instalación fotovoltaica para aplicación en un Glamping

Autor:

Carmen Vega Pont

Tutores:

Sergio Jesús Navas Herrera

Profesor Sustituto Interino

Gracia María Cabello González

Profesor Sustituto Interino

Dpto. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2024

Trabajo Fin de Máster: Diseño de una instalación fotovoltaica para aplicación en un Glamping

Autor: Carmen Vega Pont

Tutores: Sergio Jesús Navas Herrera
Gracia María Cabello González

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2024

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis amigos

Resumen

Este Trabajo de Fin de Máster se centra en el diseño y análisis de una instalación fotovoltaica de autoconsumo para el Glamping los Madroñales, ubicado en la provincia de Cádiz. El objetivo principal es evaluar la viabilidad y eficiencia de una instalación fotovoltaica que cubra parcialmente la demanda energética del resort, reduciendo así la dependencia de la red eléctrica convencional y promoviendo el uso de energías renovables.

En primer lugar se introduce la tecnología fotovoltaica y su aplicación en el autoconsumo en España. Luego, se describe el emplazamiento del glamping y sus necesidades energéticas, mediante una estimación de su consumo energético mensual y un perfil de consumo horario. La instalación fotovoltaica propuesta incluye la ubicación, los equipos principales y la evaluación de la producción de energía, considerando la necesidad de suministro adicional de la red eléctrica.

Se plantea cubrir parcialmente la demanda energética del glamping mediante la energía producida por una instalación fotovoltaica de 469,72 kW_p, ubicada en las marquesinas del parking del complejo. Esta instalación no solo aprovechará el espacio disponible de manera eficiente, sino que también proporcionará sombra y protección para los vehículos estacionados, mejorando la comodidad de los huéspedes.

Además, se propone, en un futuro, considerar la combinación de la energía fotovoltaica con otra forma de generación renovable, como la eólica, para maximizar la producción de energía y mejorar la estabilidad del suministro. Esta hibridación aprovecharía las sinergias entre ambas tecnologías, permitiendo una generación continua de energía incluso en condiciones meteorológicas variables. De esta manera, se podría complementar la energía solar producida, especialmente durante la noche y en días nublados o de baja radiación solar.

Esta combinación no solo aumentaría la producción total de energía, sino que también diversificaría las fuentes de energía renovable, reduciendo aún más la dependencia de la red eléctrica convencional. La hibridación de tecnologías permitiría generar energía suficiente para cubrir los picos de consumo, particularmente en las horas nocturnas, entre las ocho y las diez de la noche, cuando la demanda energética es mayor. De este modo, se garantizaría un suministro energético más robusto y fiable, adaptado a las necesidades del glamping y sus huéspedes, y se contribuiría significativamente a la sostenibilidad y eficiencia energética del complejo.

Es importante destacar la relevancia de este proyecto en el contexto actual de transición energética y la creciente necesidad de soluciones sostenibles. La implementación de una instalación fotovoltaica en el Glamping los Madroñales no solo contribuye a la reducción de la huella de carbono y al ahorro en costos energéticos, sino que también sirve como modelo para otras instalaciones similares. Este trabajo demuestra la viabilidad técnica y económica de la implementación de energías renovables en el sector turístico, destacando la importancia de continuar optimizando estas tecnologías para un futuro más sostenible.

Abstract

This Master's Thesis focuses on the design and analysis of a self-consumption photovoltaic installation for Los Madroñales' Glamping, located in the province of Cadiz. The main objective is to evaluate the feasibility and efficiency of a photovoltaic installation that partially covers the energy demand of the resort, thus reducing the dependence on the conventional electricity grid and promoting the use of renewable energies.

First, photovoltaic technology and its application in self-consumption in Spain are introduced. Then, the glamping site and its energy needs are described, through an estimation of its monthly energy consumption and an hourly consumption profile. The proposed photovoltaic installation includes the location, the main equipment and the evaluation of the energy production, considering the need for additional supply from the power grid.

It is proposed to partially cover the energy demand of the glamping by means of the energy produced by a 469,72 kW_p photovoltaic installation, located on the canopies of the complex's parking lot. This installation will not only make efficient use of the available space, but will also provide shade and protection for the parked vehicles, improving the comfort of the guests.

In addition, there are plans to consider, in the future, combining photovoltaic energy with another form of renewable generation, such as wind power, to maximize energy production and improve the stability of supply. This hybridization would take advantage of the synergies between the two technologies, allowing continuous power generation even with variable weather conditions. In this way, the solar energy produced could be supplemented, especially at night and on cloudy or low solar radiation days.

This combination would not only increase total energy production, but would also diversify renewable energy sources, further reducing dependence on the conventional power grid. Hybridization of technologies would make it possible to generate enough energy to cover consumption peaks, particularly at night, between eight and ten o'clock at night, when energy demand is highest. This would ensure a more robust and reliable energy supply, adapted to the needs of glamping and its guests, and would contribute significantly to the sustainability and energy efficiency of the complex.

It is important to highlight the relevance of this project in the current context of energy transition and the growing need for sustainable solutions. The implementation of a photovoltaic installation at Glamping los Madroñales not only contributes to the reduction of the carbon footprint and energy cost savings, but also serves as a model for other similar facilities. This work demonstrates the technical and economic feasibility of implementing renewable energies in the tourism sector, highlighting the importance of continuing to optimize these technologies for a more sustainable future.

Índice

Resumen	ix
Abstract	xi
Índice	xiii
Índice de Tablas	xv
Índice de Figuras	xvii
1 Introducción	1
1.1. <i>Tecnología fotovoltaica</i>	1
1.2. <i>Autoconsumo en España</i>	3
1.3. <i>Autoconsumo fotovoltaico en glampings</i>	6
2 Descripción del planteamiento del problema	8
2.1. <i>Descripción del emplazamiento</i>	8
2.2. <i>Datos meteorológicos</i>	9
2.1.1 <i>Temperatura ambiente</i>	9
2.1.2 <i>Irradiación</i>	10
2.3. <i>Descripción del Camping Resort</i>	12
3 Estimación del consumo energético de las instalaciones	15
3.1 <i>Consumo mensual</i>	15
3.1.1 <i>Consumo de alojamiento y parcelas</i>	15
3.1.2 <i>Consumo del supermercado</i>	17
3.1.3 <i>Consumo de la tienda de ropa</i>	17
3.1.4 <i>Consumo de las instalaciones destinadas a ocio</i>	18
3.1.5 <i>Consumo de la lavandería</i>	18
3.1.6 <i>Consumo de las instalaciones deportivas</i>	19
3.1.7 <i>Consumo de la zona de restauración</i>	21
3.1.8 <i>Consumo de la zona histórica</i>	21
3.1.9 <i>Consumo de las piscinas</i>	22
3.1.10 <i>Consumo de la zona de eventos y celebraciones</i>	22
3.1.11 <i>Consumo de la recepción y las oficinas</i>	23
3.1.12 <i>Consumo de las infraestructuras de uso colectivo</i>	24
3.1.13 <i>Consumo de la iluminación exterior</i>	24
3.1.14 <i>Consumo total mensual del Glamping los Madroñales</i>	25
3.2 <i>Perfil de consumo horario</i>	26
4 Descripción de la instalación fotovoltaica	27
4.1 <i>Ubicación de la instalación fotovoltaica</i>	27
4.2 <i>Selección de los equipos principales de la instalación</i>	28
4.2.1 <i>Selección del panel fotovoltaico</i>	28
4.2.2 <i>Selección del inversor</i>	28
4.3 <i>Características principales de la instalación</i>	29
4.3.1 <i>Cálculo del número de módulos por string</i>	30
4.4 <i>Diagrama unifilar del generador fotovoltaico</i>	31

5	Cobertura de la demanda energética del glamping	32
5.1	<i>Producción de la instalación fotovoltaica</i>	32
5.2	<i>Necesidad de suministro de la red convencional</i>	33
5.3	<i>Excedentes de la instalación</i>	33
5.4	<i>Demanda energética vs Energía producida en los meses de estudio</i>	34
5.5	<i>Estudio de cambio de inclinación</i>	35
6	Presupuesto	39
6.1	<i>Rentabilidad de la inversión</i>	39
7	Conclusiones	41
	Referencias	42
	Glosario	45
	Anexos	46
	<i>Anexo A. Evolución de la temperatura en el emplazamiento.</i>	46
	<i>Anexo B. Perfil de consumo horario de mayo (kWh).</i>	48
	<i>Anexo C. Perfil de consumo horario de agosto (kWh).</i>	49
	<i>Anexo D. Datasheet del módulo fotovoltaico.</i>	50
	<i>Anexo E. Datasheet del inversor.</i>	52
	<i>Anexo F. Producción horaria mensual de la instalación fotovoltaica.</i>	54
	<i>Anexo G. Necesidad de suministro horario mensual de la instalación fotovoltaica.</i>	55
	<i>Anexo H. Excedentes horarios de la instalación fotovoltaica.</i>	56
	<i>Anexo I. Producción horaria mensual de la instalación fotovoltaica con una inclinación de 30°.</i>	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM del emplazamiento	8
Tabla 2. Valores medios mensuales de la temperatura del emplazamiento [°C]	10
Tabla 3. Valores mensuales de los datos promedio diarios de irradiancia	11
Tabla 4. HSP del emplazamiento	12
Tabla 5. Instalaciones de los Madroñales Camping Resort	14
Tabla 6. Descripción de los alojamientos	15
Tabla 7. Ocupación media mensual de los alojamientos	16
Tabla 8. Consumo mensual de alojamientos y parcelas	16
Tabla 9. Consumo mensual del supermercado	17
Tabla 10. Consumo mensual de la tienda de ropa	18
Tabla 11. Consumo mensual de las instalaciones destinadas a ocio	18
Tabla 12. Equipos de la lavandería	19
Tabla 13. Consumo mensual de la lavandería	19
Tabla 14. Horas de iluminación necesarias	19
Tabla 15. Equipos del gimnasio	20
Tabla 16. Consumo energético de las instalaciones deportivas	21
Tabla 17. Consumo energético de las zonas de restauración	21
Tabla 18. Consumo energético de la zona histórica	22
Tabla 19. Consumo energético de las piscinas	22
Tabla 20. Consumo energético de la zona de eventos y celebraciones	23
Tabla 21. Características de los equipos de la recepción y las oficinas	23
Tabla 22. Consumo energético de la recepción y las oficinas	24
Tabla 23. Consumo energético de las infraestructuras de uso colectivo	24
Tabla 24. Consumo energético de la iluminación exterior	25
Tabla 25. Consumo total del glamping	25
Tabla 26. Comparativa de paneles fotovoltaicos	28
Tabla 27. Características del módulo fotovoltaico	29
Tabla 28. Características del inversor	29
Tabla 29. Valores ajustados por temperatura de tensión e intensidad	30
Tabla 30. Producción mensual de la instalación fotovoltaica	33
Tabla 31. Necesidad de suministro mensual de la red convencional	33
Tabla 32. Excedentes de la instalación	34
Tabla 33. Valores mensuales de los datos promedio diarios de irradiancia con una inclinación de 30°	35

Tabla 34. HSP del emplazamiento con una inclinación de 30°	36
Tabla 35. Presupuesto aproximado de la instalación fotovoltaica	39
Tabla 36. Factura de luz anual sin y con la instalación fotovoltaica	39
Tabla 37. Evolución de la temperatura en el emplazamiento	47
Tabla 38. Perfil de consumo horario de mayo (kWh)	48
Tabla 39. Perfil de consumo horario de agosto (kWh)	49
Tabla 40. Producción horaria de la instalación fotovoltaica (kWh)	54
Tabla 41. Necesidad de suministro horario de la instalación fotovoltaica (kWh)	55
Tabla 42. Excedentes horarios de la instalación fotovoltaica (kWh)	56
Tabla 43. Producción horaria de la instalación fotovoltaica con una inclinación de 30° (kWh)	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Capacidad instalada de energía solar [2]	2
Ilustración 2. Capacidad instalada de energía fotovoltaica en España [3]	2
Ilustración 3. Precio de los paneles fotovoltaicos frente a la capacidad instalada [4]	3
Ilustración 4. Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas [5]	3
Ilustración 5. Evolución del autoconsumo en España [6]	4
Ilustración 6. Evolución del número de instalaciones anuales de autoconsumo en España [6]	4
Ilustración 7. Evolución de la producción de electricidad anual procedente del autoconsumo [6]	5
Ilustración 8. Evolución de la cobertura de la demanda nacional con instalaciones de autoconsumo [6]	5
Ilustración 9. Evolución de las toneladas evitadas de CO ₂ por implantación del autoconsumo [6]	6
Ilustración 10. Emplazamiento de los Madroñales Camping Resort	9
Ilustración 11. Evolución anual de las temperaturas medias en el emplazamiento	10
Ilustración 12. Irradiancia media diaria para cada mes del año	11
Ilustración 13. Evolución del consumo mensual del glamping	26
Ilustración 14. Perfil de consumo horario para un día tipo de mayo y de agosto	26
Ilustración 17. Vista lateral y en planta de la estructura de la marquesina	27
Ilustración 18. Superficie disponible para el parking	27
Ilustración 19. Diagrama unifilar simplificado del generador fotovoltaico	31
Ilustración 20. Producción, consumo, necesidad de suministro y excedentes en mayo	34
Ilustración 21. Producción, consumo, necesidad de suministro y excedentes en agosto	34
Ilustración 22. Irradiancia media diaria para cada mes del año con una inclinación de 30°	36
Ilustración 23. Distancia mínima entre paneles solares	37
Ilustración 24. Distancia mínima entre paneles con el módulo colocado verticalmente	37
Ilustración 25. Distancia mínima entre paneles con el módulo colocado horizontalmente	38
Ilustración 26. Amortización de la inversión	40

1 INTRODUCCIÓN

El sector del turismo no es una excepción en un mundo donde la sostenibilidad y la innovación son cada vez más prioritarias. El concepto de “glamping” (camping con glamur), que combina la aventura del camping al aire libre con las comodidades y el lujo, ha ganado popularidad como una alternativa para los viajeros que buscan experiencias únicas en entornos naturales. En este contexto, la integración de sistemas de energía renovable, como la solar fotovoltaica, se alinea con las demandas de los viajeros conscientes del medio ambiente.

Este Trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo principal diseñar una instalación fotovoltaica para un proyecto de glamping, con el fin de proporcionar una fuente de energía sostenible y confiable que satisfaga las necesidades energéticas del emplazamiento.

1.1. Tecnología fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable, inagotable y no contaminante que se obtiene al transformar la radiación solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico, mediante la cual determinados materiales denominados semiconductores son capaces de absorber fotones (partículas lumínicas) y liberar electrones, generando una corriente eléctrica. Este tipo de energía puede producirse en instalaciones que van desde los pequeños generadores para autoconsumo hasta las grandes plantas fotovoltaicas.

Para que se produzca el efecto fotoeléctrico, se emplea un dispositivo semiconductor denominado celda o célula fotovoltaica, que puede ser de silicio monocristalino, policristalino o amorfo, o bien otros materiales semiconductores de capa fina. Las de silicio monocristalino, más utilizadas hoy en día, se obtienen a partir de un único cristal de silicio puro y alcanzan la máxima eficiencia, entre un 18 % y un 20 % de media [1].

Un generador fotovoltaico es un conjunto de módulos conectados en serie y/o paralelo para obtener la tensión e intensidad deseada. Cada módulo, a su vez, está compuesto por un determinado número de células conectadas en serie y/o paralelo.

Existen dos tipos principales de instalaciones fotovoltaicas: instalaciones aisladas, orientadas fundamentalmente a aplicaciones de bombeo, señalización, comunicaciones y electrificación rural, e instalaciones conectadas a red, orientadas a la venta de energía eléctrica y autoconsumo. El alcance de este Trabajo de Fin de Máster se centrará únicamente en los generadores bajo la modalidad autoconsumo, en las que la energía generada es consumida in-situ mientras que, al mismo tiempo, el productor puede tomar energía de la red cuando no produce energía suficiente para cubrir su demanda.

Las instalaciones fotovoltaicas constan de tres componentes básicos:

- Panel fotovoltaico: dispositivo encargado de captar la energía del sol y transformarla en electricidad.
- Inversor: convierte la corriente eléctrica continua que producen los paneles en corriente alterna, apta para el consumo.
- Transformador: encargado de elevar la corriente alterna de baja tensión (380-800 V) generada por los inversores a media tensión (hasta 36 kV).

En los últimos años la energía solar fotovoltaica ha ido postulándose como una de las principales fuentes de generación de electricidad a nivel mundial, con una tendencia que sigue al alza. Así los recogen las estadísticas publicadas anualmente por IRENA (International Renewable Energy Agency) [2] en las que puede observarse cómo la capacidad instalada de energía solar en todo el mundo supera los 1400 GW en 2023 (Ilustración 1).

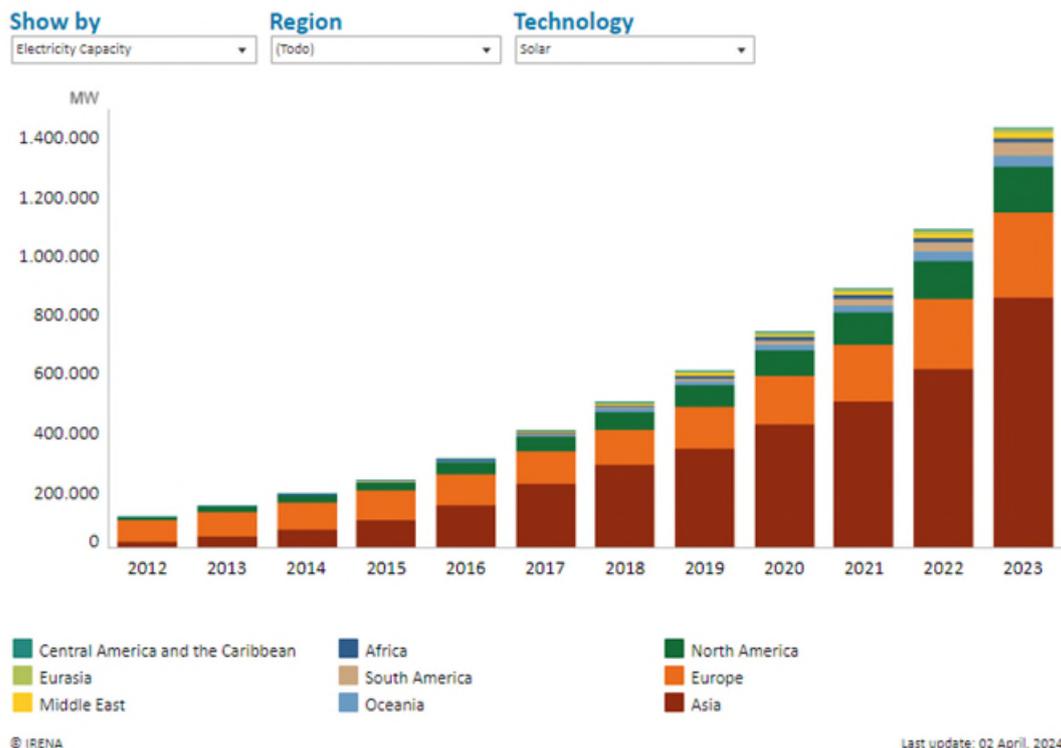


Ilustración 1. Capacidad instalada de energía solar [2]

En España, la capacidad instalada de energía fotovoltaica también sigue una tendencia creciente, tal y como puede observarse en la Ilustración 2, en la que se muestran los datos extraídos de REE (Red Eléctrica de España) [3].

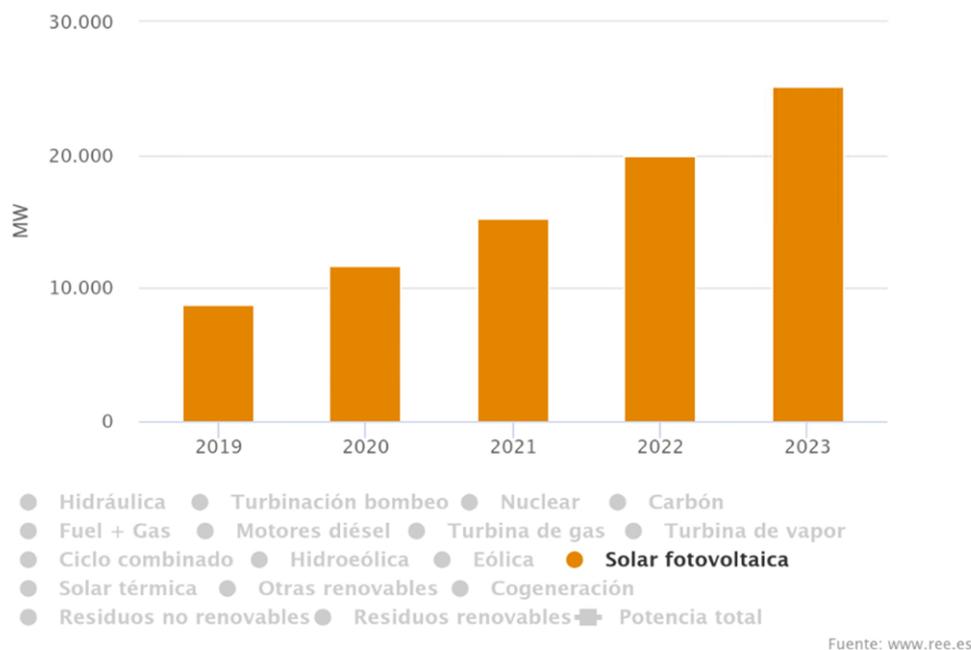


Ilustración 2. Capacidad instalada de energía fotovoltaica en España [3]

Esta tendencia general de aumento de la potencia instalada de generación renovable, en concreto de fotovoltaica se debe en gran medida al abaratamiento de este tipo de tecnología. Para que el mundo haga la transición a una electricidad baja en carbono, la energía procedente de estas fuentes tiene que ser más barata que la electricidad de combustibles fósiles. El motor fundamental de este cambio es que las tecnologías de energías renovables siguen curvas de aprendizaje, lo que significa que, con cada duplicación de la capacidad instalada acumulada, su precio disminuye en la misma proporción (Ilustración 3) [4].

Solar (photovoltaic) panel prices vs. cumulative capacity



This represents the learning curve for solar panels. This data is expressed in US dollars per Watt, adjusted for inflation. Cumulative installed solar capacity is measured in megawatts.

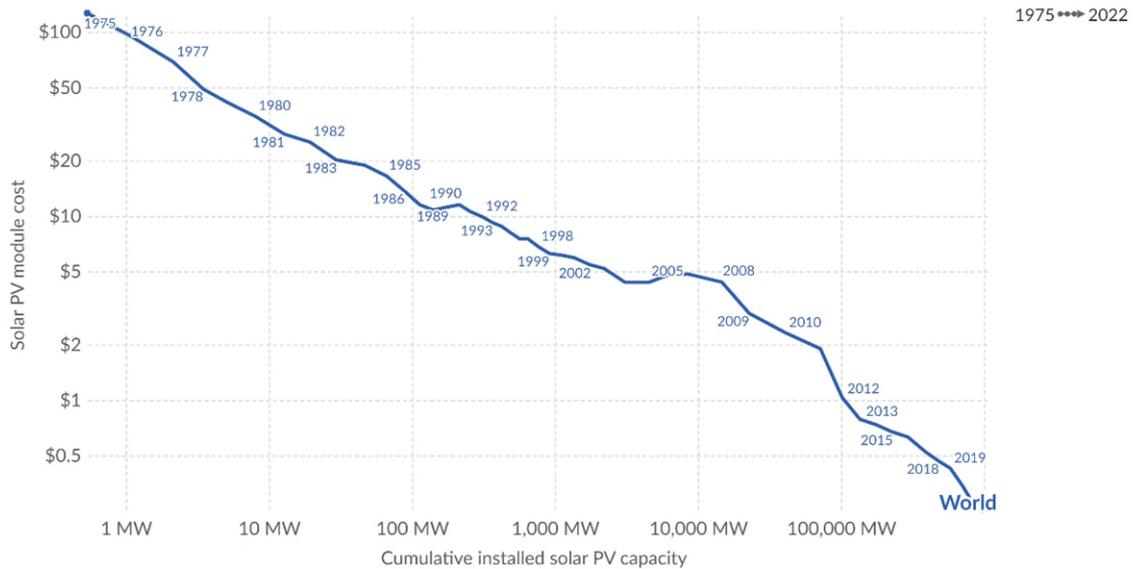


Ilustración 3. Precio de los paneles fotovoltaicos frente a la capacidad instalada [4]

1.2. Autoconsumo en España

El autoconsumo fotovoltaico es una medida a aplicar para la descarbonización de la economía con el objetivo de alcanzar en el año 2050 el balance neto cero en emisiones de CO₂. Además, es una acción a favor del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, que fomentará la consecución de los siguientes objetivos:

7: ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE

11: CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

13: ACCIÓN POR EL CLIMA



Ilustración 4. Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas [5]

Según el Informe Anual del Autoconsumo Fotovoltaico de la Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA Renovables) [6], en el año 2022 se instalaron en España 2.649 MW de autoconsumo (Ilustración 5), de los cuales un 39% de la potencia correspondió a instalaciones residenciales (1.024 MW) y un 61% a proyectos industriales (1.625 MW).

Desde el año 2018, la potencia anual instalada de autoconsumo en España ha ido creciendo a un ritmo medio superior al 90% cada año, ascendiendo a un total de 5.211 MW de potencia instalada de autoconsumo a finales de 2022.

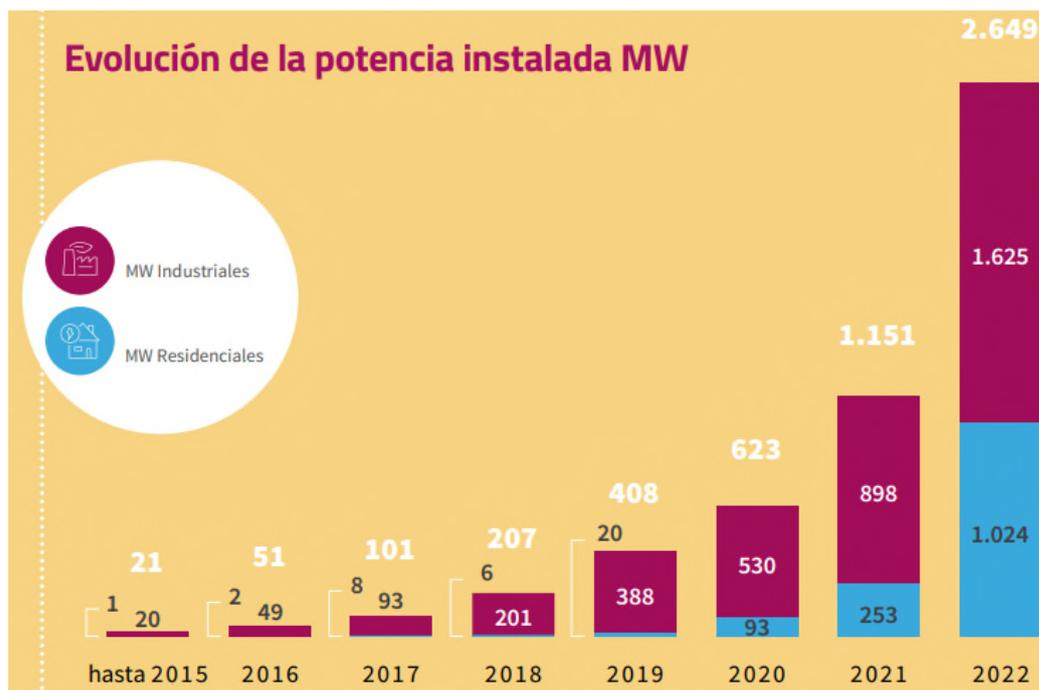


Ilustración 5. Evolución del autoconsumo en España [6]

En el año 2022, se realizaron en España 217.248 instalaciones residenciales y 23.096 instalaciones de tipo industrial (Ilustración 6), con una potencia media instalada de 4,6 kW y 70 kW, respectivamente. Cabe resaltar que en el caso de las instalaciones industriales existe mucha dispersión, desde pequeñas instalaciones de 15 kW a instalaciones de varios megavatios, por lo que este dato no es muy representativo.

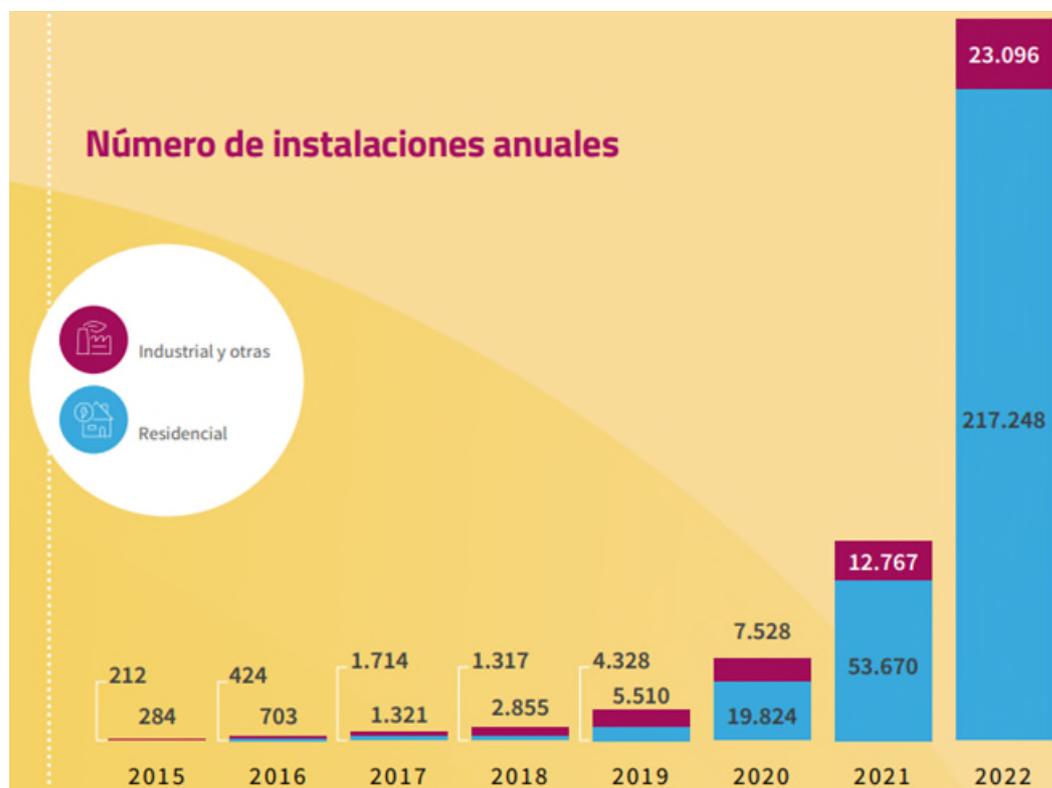


Ilustración 6. Evolución del número de instalaciones anuales de autoconsumo en España [6]

En 2022, las instalaciones de autoconsumo generaron un total de 4.564 GWh (Ilustración 7), producción equivalente al 1,8% de la demanda eléctrica a nivel nacional (Ilustración 8).

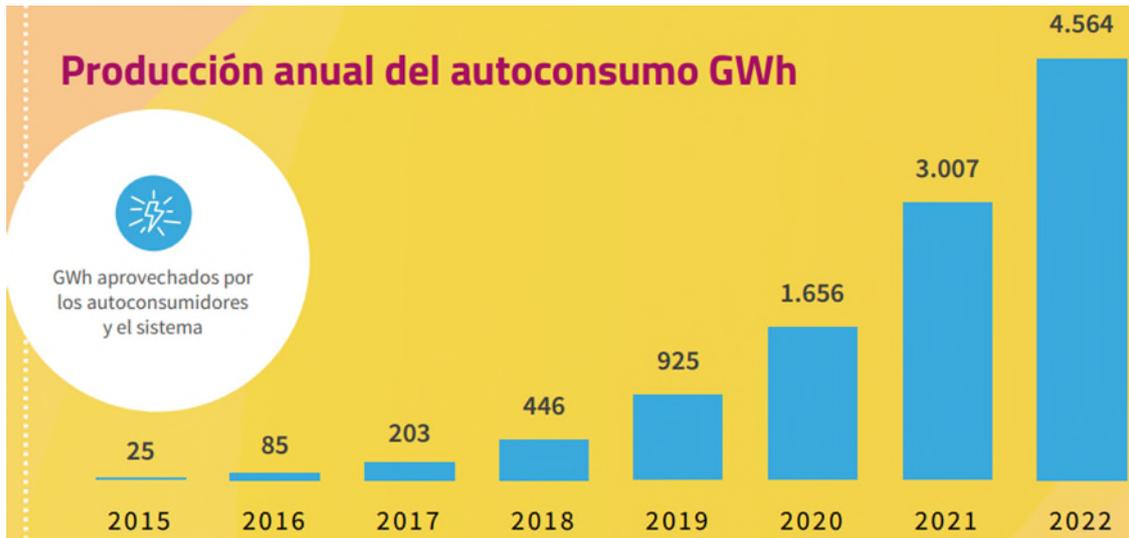


Ilustración 7. Evolución de la producción de electricidad anual procedente del autoconsumo [6]

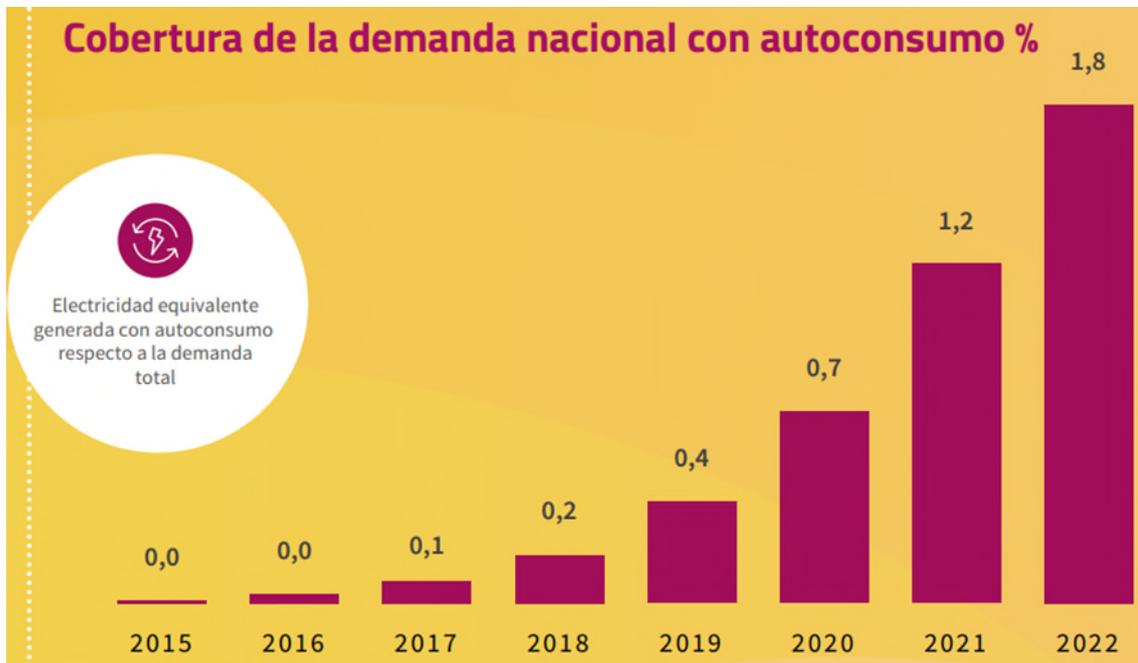


Ilustración 8. Evolución de la cobertura de la demanda nacional con instalaciones de autoconsumo [6]

Los 4.564 GWh producidos mediante autoconsumo permitieron evitar 931 miles de toneladas de CO₂ equivalentes (Ilustración 9).

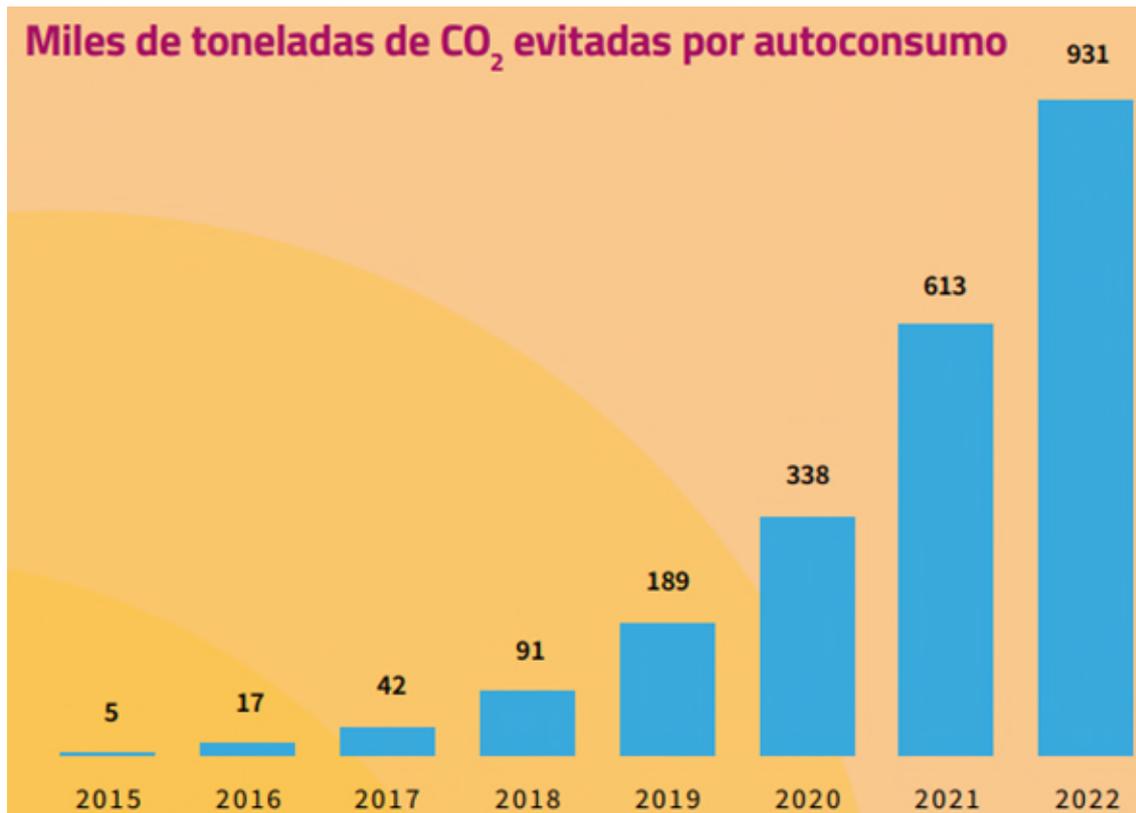


Ilustración 9. Evolución de las toneladas evitadas de CO₂ por implantación del autoconsumo [6]

Marco regulatorio del autoconsumo en España

La Hoja de Ruta del Autoconsumo en España [7] detalla las acciones necesarias para fomentar la integración del autoconsumo en nuestra sociedad. Establece como objetivo alcanzar los 9 GW de potencia instalada para el año 2030, con la posibilidad de llegar a 14 GW en el escenario más optimista, que se daría gracias al impacto multiplicador de las medidas implementadas.

El marco normativo del autoconsumo se encuentra definido en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. En España, el autoconsumo está regulado en con el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, en el que se definen las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

1.3. Autoconsumo fotovoltaico en glampings

Justificación

La instalación de sistemas fotovoltaicos en esta innovadora forma de alojamientos turísticos se ha vuelto más popular por las ventajas que presenta frente a estar conectado a la red eléctrica convencional. Algunos de estos beneficios, además de los explicados anteriormente, son:

- Autosuficiencia energética: los glamping suelen estar en áreas remotas o rurales, que pueden no tener fácil acceso (o muy costoso) a la red eléctrica convencional. El uso de la tecnología fotovoltaica les permite generar su propia electricidad in situ, reduciendo su dependencia de la red eléctrica y haciéndolos más autosuficientes.
- Sostenibilidad ambiental: la energía solar es una fuente de energía renovable y limpia. Al optar por este tipo de energía, los glamping pueden reducir su huella de carbono y contribuir a la lucha contra el cambio climático, lo que se alinea con la creciente demanda de turismo sostenible por parte de los viajeros.
- Flexibilidad y seguridad energética: los glamping con sistemas fotovoltaicos pueden mantener un suministro de energía independiente durante cortes de energía en la red eléctrica, lo que garantiza la comodidad y seguridad de los huéspedes. Esto proporciona una ventaja competitiva y una mayor tranquilidad para los operadores del glamping.

- Imagen y marketing: la instalación de energía solar fotovoltaica puede mejorar la imagen del glamping como un negocio comprometido con la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social corporativa, es decir, promociona una imagen verde. Esto puede atraer a campistas conscientes del medio ambiente y aumentar la reputación del camping.
- Generación de riqueza y empleo local: la energía solar fotovoltaica es una energía autóctona, disponible prácticamente en la totalidad del planeta, lo que contribuye a reducir las importaciones energéticas y a crear riqueza y empleo de forma local. Por todo ello, la producción de electricidad mediante energía fotovoltaica y su uso de forma eficiente contribuyen al desarrollo sostenible.

Proyectos anteriores

En la actualidad, numerosos campings en España han optado por la instalación de placas fotovoltaicas para cubrir sus necesidades energéticas (o una parte de ellas). A continuación, se muestran ejemplos de campings que emplean este tipo de tecnología y la potencia que tienen instalada:

- Camping Orio (Gipuzkoa): 40 kW_p
- Camping Naturista El Portús (Murcia): 100 kW_p
- Camping Baltar (Pontevedra): 30,15 kW_p
- Camping Pico de la Miel (Madrid): 100 kW_p

2 DESCRIPCIÓN DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo principal de este proyecto plantear una solución para cubrir parcialmente la demanda energética del complejo turístico Los Madroñales Resort, que, en una superficie de 147.000 m², propone un excepcional Camping Resort de cinco estrellas en Chipiona. Esta solución, se centrará en el diseño de una instalación fotovoltaica conectada a la red eléctrica, debido a los múltiples beneficios que presenta esta tecnología y el valor añadido que supone para un centro vacacional.

Para alcanzar este objetivo, se han definido los siguientes subobjetivos:

- Análisis del emplazamiento: estudio de la infraestructura del glamping, así como los datos meteorológicos (temperatura y radiación solar).
- Estimación del consumo energético: realizar un análisis detallado del consumo energético mensual y diario del glamping, desglosado por diferentes áreas e instalaciones.
- Selección de equipos: identificar y seleccionar los paneles fotovoltaicos más adecuados en términos de eficiencia y coste, así como determinar el inversor que mejor se adapte a las características de la instalación.
- Producción energética y suministro de la red convencional:
 - o Cálculo de la producción de energía: estimar la producción anual de energía de la instalación fotovoltaica.
 - o Necesidad de suministro adicional: determinar la cantidad de energía que deberá ser suministrada por la red eléctrica convencional para complementar la producción de la instalación fotovoltaica.
- Estimación del presupuesto necesario y la amortización de la inversión.

2.1. Descripción del emplazamiento

Los Madroñales Camping Resort estará ubicado en Chipiona (Ilustración 10), población que se encuentra situada en la costa atlántica, a una altitud de 6 metros sobre el nivel del mar, entre las poblaciones de Rota y Sanlúcar de Barrameda y a 60 km de Cádiz, capital de la provincia, en la comunidad autónoma de Andalucía.

En la Tabla 1 se muestran la ubicación exacta del emplazamiento en coordenadas UTM.

Zona	Abscisa	Norte
29 S	730803.00 m E	4068447.00 m N

Tabla 1. Coordenadas UTM del emplazamiento



Ilustración 10. Emplazamiento de los Madroñales Camping Resort

2.2. Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos necesarios para el diseño y desarrollo del sistema fotovoltaico son principalmente los de radiación solar y temperatura. Estos datos han sido obtenidos de la base de radiación PVGIS-SARAH2, recopilados entre los años 2005 y 2020 por PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) [8], herramienta desarrollada por la Comisión Europea a través del “Joint Research Centre – Institute for Energy and Transport”.

2.1.1 Temperatura ambiente

Para poder dimensionar adecuadamente la instalación fotovoltaica, es esencial registrar las temperaturas medias del emplazamiento. Además, es aconsejable considerar tanto las temperaturas máximas como mínimas para evitar posibles degradaciones o fallos en alguno de los componentes del sistema.

La tabla completa extraída de PVGIS se encuentra en el Anexo A. Evolución de la temperatura en el emplazamiento. En la Tabla 2 se han recogido los valores promedio mensuales de las temperaturas media, máxima y mínima, mientras que la evolución de estas temperaturas ha sido representada en la Ilustración 11.

En el periodo de tiempo estudiado (2005-2020) se registraron las siguientes temperaturas medias máxima y mínima:

- Agosto de 2010: 27 °C
- Febrero de 2012: 11,2 °C

Mes	T _{Media}	T _{Máx}	T _{Mín}
Enero	12,6	14,4	11,5
Febrero	13,3	15,5	11,2
Marzo	14,9	16,0	13,8
Abril	16,9	18,3	15,1
Mayo	19,9	21,6	18,1
Junio	22,6	24,7	20,8
Julio	24,8	26,4	22,9
Agosto	25,3	27,0	23,9
Septiembre	23,3	24,7	22,0
Octubre	20,3	22,2	18,9
Noviembre	16,0	17,3	13,8
Diciembre	13,5	15,2	12,3

Tabla 2. Valores medios mensuales de la temperatura del emplazamiento [°C]

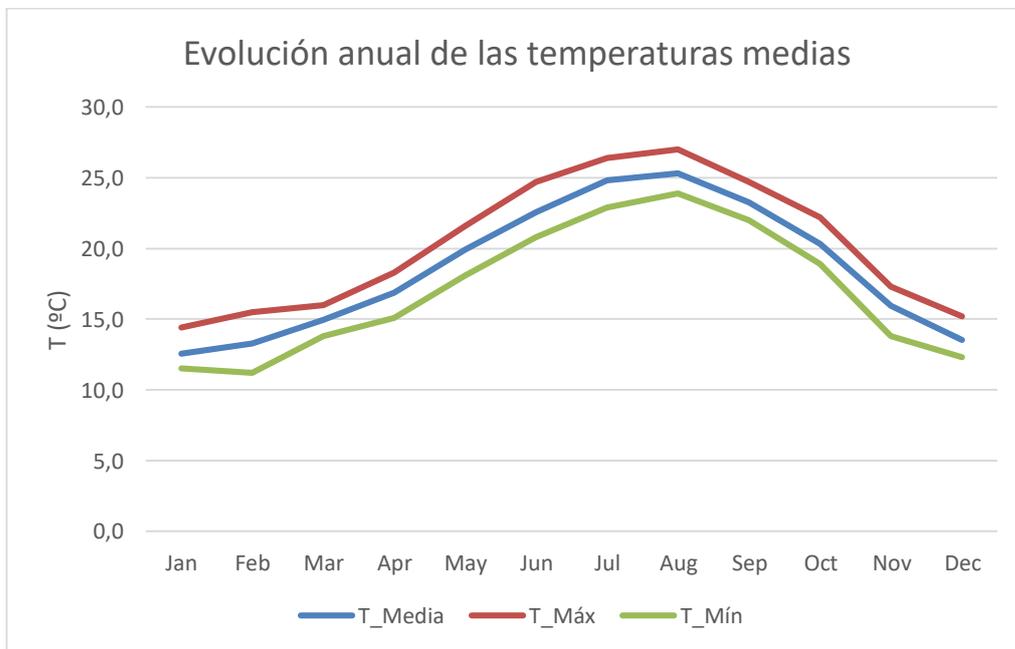


Ilustración 11. Evolución anual de las temperaturas medias en el emplazamiento

2.1.2 Irradiación

Se han obtenido los datos promedio diarios de irradiancia para cada mes (Tabla 3), considerando una inclinación de 10 ° y un azimut de 20 °, parámetros que se justificarán en el Apartado 4.

RADIACIÓN GLOBAL (Wh/m²) (azimut: 20°, inclinación: 10°)

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6:00	0,0	0,0	0,0	10,7	52,6	70,1	48,8	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0
7:00	0,0	0,0	40,0	134,3	206,4	228,3	207,0	159,2	108,3	51,2	2,1	0,0
8:00	55,3	110,6	204,2	311,2	399,0	416,8	400,3	355,4	294,3	221,0	135,0	69,1
9:00	220,4	286,4	381,8	495,0	585,9	597,1	590,2	548,9	478,9	387,9	287,7	227,6
10:00	374,0	445,6	541,1	663,0	735,3	758,2	764,9	724,4	645,4	550,0	435,3	367,8
11:00	475,9	567,5	673,7	786,9	858,9	883,4	897,7	855,5	756,0	653,9	527,5	476,8
12:00	551,3	626,8	712,9	833,1	927,1	955,6	975,4	932,5	831,4	690,7	569,8	519,5
13:00	539,0	656,5	740,2	848,3	923,0	960,7	985,2	945,3	827,0	686,3	551,7	508,2
14:00	498,9	603,9	701,1	775,7	855,0	892,2	933,8	879,2	744,5	597,1	468,1	433,0
15:00	385,8	494,7	587,5	669,5	735,9	779,1	814,9	748,7	636,6	472,1	355,1	335,5
16:00	252,7	338,8	427,9	508,5	557,7	611,4	645,6	580,9	459,1	301,8	197,1	179,7
17:00	49,9	163,2	235,0	309,5	362,4	416,6	439,7	375,2	249,8	101,5	4,0	0,3
18:00	0,0	0,2	40,0	110,8	164,4	214,0	229,8	163,3	44,2	0,0	0,0	0,0
19:00	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	42,0	44,1	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0
20:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	3403,0	4294,1	5285,3	6456,4	7373,3	7825,5	7977,4	7292,8	6075,5	4713,4	3533,4	3117,6

Tabla 3. Valores mensuales de los datos promedio diarios de irradiancia

Con ello se obtiene la irradiancia media diaria de cada mes del año, que ha sido representada en la Ilustración 12.

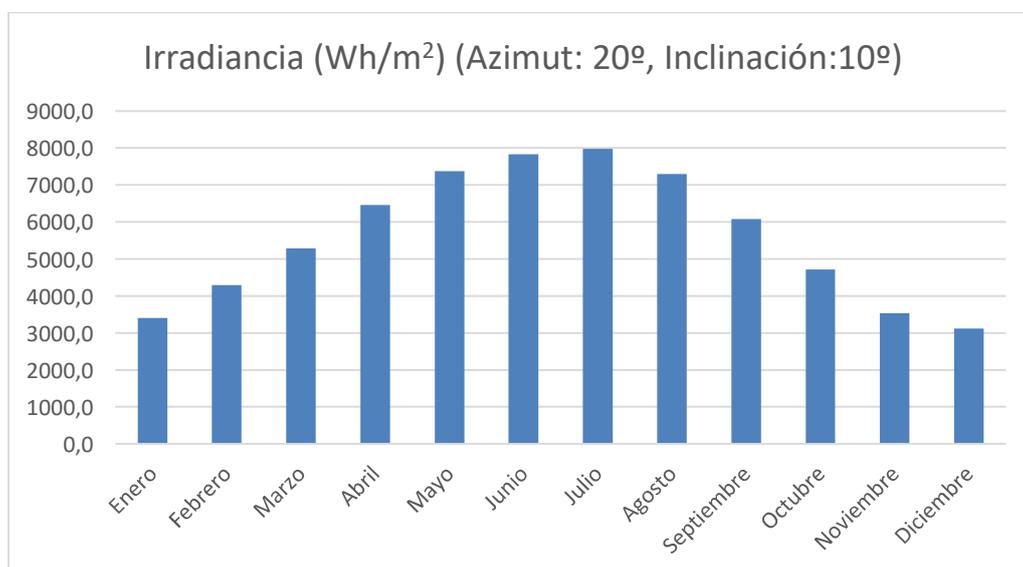


Ilustración 12. Irradiancia media diaria para cada mes del año

A partir de estos datos pueden obtenerse las hora sol pico (HSP) del emplazamiento en cada mes del año, recogidas en la Tabla 4. Este parámetro se define como la energía por unidad de superficie que se recibiría con una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m². Si se cumplieran el resto de las condiciones estándar, sería el número de horas al día en las que un panel fotovoltaico proporcionaría su potencia pico. Multiplicando las HSP por la potencia pico de la instalación, se obtiene la energía que proporciona el sistema (sin considerar las pérdidas) [9].

Mes	HSP
Enero	3,4
Febrero	4,3
Marzo	5,3
Abril	6,5
Mayo	7,4
Junio	7,8
Julio	8,0
Agosto	7,3
Septiembre	6,1
Octubre	4,7
Noviembre	3,5
Diciembre	3,1

Tabla 4. HSP del emplazamiento

2.3. Descripción del Camping Resort

Los Madroñales Resort, en una extensión de 147.000 m², plantea la creación de un excepcional Camping Resort de cinco estrellas en Chipiona, que ofrece los mejores bungalows y glampings de la región, equipados con todas las comodidades imaginables. Las instalaciones estarán equipadas con todo lo necesario para garantizar un descanso de calidad y momentos inolvidables.

Alojamientos

A nivel de Oferta de Alojamiento dispone de cuatro áreas diferenciadas donde los clientes podrán disfrutar de villages en parcelas de 300 m², de bungalows en parcelas de 200 m² y de novedosos alojamientos glamping en zonas privadas. Asimismo, se ha proyectado una gran área de acampada con 240 parcelas para caravanas, motorhomes y campers.

Restauración

A nivel de Oferta de Restauración, apuesta por una oferta gastronómica adecuada a todo tipo de gustos donde se pueden degustar platos típicos de la zona en el restaurante tradicional, probar platos saludables en el Social Club, catar los diferentes vinos autóctonos en la vinoteca, comer una hamburguesa en el pub USA o tomar una copa viendo un espectáculo en la terraza del pool bar.

El Camping Resort hace una apuesta importante a nivel de Eventos y Celebraciones, poniendo a disposición de los clientes un salón principal de eventos de 750 m² y un escenario para espectáculos con cabida para 500 asistentes.

Zona Deportiva

El Resort dispondrá una Zona Deportiva compuesta por un gimnasio de última generación, Premium Fitness Club, que cuenta con salas para desarrollar actividades dirigidas, wellness-spa y una piscina interior climatizada. Asimismo, fomenta el deporte al aire libre con cuatro pistas de pádel, una pista multideportiva (fútbol/baloncesto) y una piscina olímpica de natación.

Además, complementa la oferta de Hípica existente en la zona con un Horse Club, que dispondrá de caballerizas individuales para 15 caballos, un sendero perimetral de 2 km como zona de paseo y un picadero de más de 1.000 m².

Ocio Recreativo

Los clientes dispondrán en exclusiva de una gran oferta de Ocio recreativo, con piscinas para niños y adultos, un parque infantil, un club social, un miniclub, una sala de juegos y un gran escenario donde se llevarán a cabo todo tipo de espectáculos.

Esta oferta se complementa con un Museo Agrícola y Costumbrista en la que se transmitirá la historia relacionada con la agricultura, enología, costumbres, a través de un caserío de más de 200 años, con un molino americano para extraer aguas subterráneas, almacén de aperos y restos de antigüedad, pozos artesanos de más de 100 años, establos para vacas y caballos, aves, graneros, etc.

A modo resumen, se presenta la Tabla 5, en la que se recogen las principales instalaciones del Camping Resort.

Nombre	Sup. Útil [m ²]	Sup. Parcela [m ²]
Villages	3030	13500
Bungalows	6450	24000
Glamping	6150	27000
Parcela	31200	31200
Restaurante Tradicional	600	600
Restaurante Healthy/Club	170	170
Vinacoteca	111	111
Pub temático USA/Sports	460	460
Terraza Pool Bar	60	60
Food Truck	25	25
Take Away	90	90
Salón Principal 1+2	440	750
Escenario Eventos	1750	2000
Supermercado	250	250
Tienda de Moda y Baño	75	75
Bodega	75	75
Casa Histórica	165	165
Nave Agrícola	481	481
Centro Deportivo Indoor	2000	2000
Pistas de Pádel	800	800
Pista Multideportiva	800	800
Piscina de Natación	1250	1250

Establos	500	500
Picadero	1625	1625
Piscina Infantil	400	400
Piscina Central	1500	1500
Piscina Rectangular	200	200
Piscina Rectangular	400	400
Parque Infantil	100	100
Club Social	100	100
Mini Club	100	100
Sala de Juegos	100	100
Recepción	120	120
Despachos	100	100
Control Acceso/Seguridad	20	20
Office de Servicio	30	30
Office de Servicio	30	30
Bloque Sanitario	120	120
Bloque Sanitario	240	240
Lavandería Clientes	50	50
Almacén Principal	200	200
Zona de Muelle y Punto Limpio	30	30
Parking	9281	9281
Zona Técnica	150	150
Almacén Mantenimiento	100	100

Tabla 5. Instalaciones de los Madroñales Camping Resort

3 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LAS INSTALACIONES

Para poder dimensionar la instalación fotovoltaica adecuadamente, de manera que se maximice el aprovechamiento del recurso solar disponible, es fundamental disponer de la curva de consumo energético mensual del glamping, así como de la curva de demanda energética horaria. Estas curvas se han calculado de manera estimada, ya que al no estar el glamping construido ni en funcionamiento, no es posible conocer el consumo real del complejo.

3.1 Consumo mensual

Para poder estimar el consumo mensual que tendrá los Madroñales Camping Resort se han clasificado las distintas instalaciones en una serie de subgrupos, para facilitar el comparativo con instalaciones similares. Cada uno de los consumos se detallan a continuación.

3.1.1 Consumo de alojamiento y parcelas

Los alojamientos del glamping engloban Villages, Bungalows y tiendas de Glamping. Las unidades y superficie útil de cada tipo se detallan en la Tabla 6.

Tipología	Unidades	Sup. Útil [m ²]
Villages	15	77
Villages	15	64
Villages	15	61
Bungalows	30	65
Bungalows	30	54
Bungalows	30	48
Bungalows	30	48
Glamping	60	50
Glamping	30	30
Glamping	90	25
Parcela	120	150
Parcela	80	120
Parcela	40	90

Tabla 6. Descripción de los alojamientos

Cada uno de ellos cuenta con los siguientes equipos (con su consumo unitario):

- Bomba de calor/frío (refrigeración): 1500 W [10]
- Bomba de calor/frío (calefacción): 1520 W [10]
- Televisión: 59 W [11]
- Frigorífico: 12,8 W [12]

- Microondas: 700 W [13]
- Vitrocerámica: 3000 W [14]
- Tostadora: 1000 W [15]
- Cafetera: 1500 W [16]
- Secador de pelo: 1600 W [17]
- Lavavajillas: 1500 W [18]

Además, disponen de un sistema de iluminación con un consumo de 4 W/m².

En cuanto a las parcelas para autocaravanas, se dispone de un total de 240 parcelas, y se estima que el consumo diario de cada autocaravana es de unos 5 kWh/día.

El promotor prevé que la ocupación de cada tipología de alojamiento será la recogida en la Tabla 7.

Mes	Ocupación Villages	Ocupación Bungalows	Ocupación Glamping	Ocupación Parcelas
Enero	40%	40%	20%	50%
Febrero	40%	40%	20%	50%
Marzo	40%	40%	30%	50%
Abril	50%	50%	40%	60%
Mayo	40%	40%	40%	50%
Junio	65%	65%	65%	65%
Julio	85%	85%	85%	85%
Agosto	90%	90%	90%	90%
Septiembre	70%	70%	70%	70%
Octubre	40%	40%	60%	50%
Noviembre	40%	40%	30%	50%
Diciembre	40%	40%	20%	50%

Tabla 7. Ocupación media mensual de los alojamientos

Con todo ello, se estima que el consumo medio mensual de los alojamientos y parcelas será el detallado en la Tabla 8.

Mes	Consumo (kWh)
Enero	46869,5
Febrero	44133,8
Marzo	52489,4
Abril	45591,3
Mayo	40298,0
Junio	123149,3
Julio	165355,5
Agosto	175082,3
Septiembre	62786,6
Octubre	46448,8
Noviembre	51396,2
Diciembre	46869,5

Tabla 8. Consumo mensual de alojamientos y parcelas

3.1.2 Consumo del supermercado

La estimación del consumo del supermercado se ha realizado a partir de los datos recogidos en el estudio sobre predicción de la demanda de electricidad en supermercados publicado en la revista ScienceDirect [19]. Se han extrapolado para una superficie de 250 m², obteniendo los datos recogidos en la Tabla 9.

Mes	Consumo (kWh)
Enero	5843,4
Febrero	5485,5
Marzo	5939,1
Abril	5627,1
Mayo	6259,2
Junio	6997,9
Julio	8241,7
Agosto	8317,8
Septiembre	6606,9
Octubre	5733,8
Noviembre	5612,3
Diciembre	6309,4

Tabla 9. Consumo mensual del supermercado

3.1.3 Consumo de la tienda de ropa

La tienda de ropa cuenta con una superficie de 75 m², permanecerá abierta unas 9 horas al día y cuenta con los siguientes equipos (con su consumo unitario):

- Bomba de calor/frío (refrigeración): 1500 W [10]
- Bomba de calor/frío (calefacción): 1520 W [10]
- Ordenador: 200 W [20]

Además, disponen de un sistema de iluminación con un consumo de 4 W/m².

Con ello, se estima que el consumo de la tienda será el determinado en la Tabla 10.

Mes	Consumo (kWh)
Enero	563,58
Febrero	509,04
Marzo	139,50
Abril	135,00
Mayo	139,50
Junio	540,00
Julio	558,00
Agosto	558,00
Septiembre	558,00
Octubre	139,50

Noviembre	135,00
<u>Diciembre</u>	<u>563,58</u>

Tabla 10. Consumo mensual de la tienda de ropa

3.1.4 Consumo de las instalaciones destinadas a ocio

Este grupo de instalaciones engloba al Miniclub, la Sala de Juego y el Club Social, que tienen una superficie de 100 m² cada uno. Cuentan con los siguientes equipos, además de una iluminación de 4 W/m²:

- Bomba de calor/frío (refrigeración): 1500 W [10]
- Bomba de calor/frío (calefacción): 1520 W [10]

El Miniclub cuenta a su vez con:

- Ordenador: 200 W [20]
- Proyector: 330 W [21]
- Altavoz: 500 W [22]

Se estima, por tanto, que el consumo será el de la Tabla 11.

<u>Mes</u>	<u>Consumo (kWh)</u>
Enero	1947,21
Febrero	1758,77
Marzo	439,37
Abril	425,20
Mayo	439,37
Junio	1978,50
Julio	2044,45
Agosto	2044,45
Septiembre	1978,50
Octubre	439,37
Noviembre	425,20
<u>Diciembre</u>	<u>1947,21</u>

Tabla 11. Consumo mensual de las instalaciones destinadas a ocio

3.1.5 Consumo de la lavandería

La lavandería cuenta con una superficie de 50 m² y dispone de los equipos detallados en la Tabla 12. Los datos han sido obtenidos del catálogo de Fagor [23][24].

Con ello, y en función de la ocupación del glamping, ya que serán los usuarios de este servicio, se ha estimado en la Tabla 13 el consumo mensual de la lavandería.

<u>Equipo</u>	<u>Capacidad (kg)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Min/ciclo</u>	<u>Consumo unitario (W)</u>
Lavadora	11	2	35	1100
Lavadora	14	1	35	1100
Lavadora	18	1	35	2200

Secadora	12	1	15	970
Secadora	18	1	15	970

Tabla 12. Equipos de la lavandería

Mes	Consumo (kWh)
Enero	817,7
Febrero	738,6
Marzo	884,0
Abril	1064,0
Mayo	950,3
Junio	1355,4
Julio	1831,6
Agosto	1939,3
Septiembre	1459,7
Octubre	1082,9
Noviembre	855,5
Diciembre	1947,21

Tabla 13. Consumo mensual de la lavandería

3.1.6 Consumo de las instalaciones deportivas

En primer lugar, se detalla la estimación del consumo de las instalaciones que únicamente consumen potencia debido a la iluminación. Estas son las pistas de pádel, la pista de multideportiva y el picadero. En función de la ubicación del emplazamiento y de las horas de salida y puesta de sol se han podido determinar las horas en las que hace falta iluminación en cada mes del año, y se han recogido en la Tabla 14.

Mes	Puesta de sol	Horas con iluminación
Enero	18:30	4:00
Febrero	19:00	3:30
Marzo	20:00	2:30
Abril	21:00	1:30
Mayo	21:25	1:05
Junio	21:45	0:45
Julio	21:45	0:45
Agosto	21:20	1:10
Septiembre	20:30	2:00
Octubre	19:50	2:40
Noviembre	18:15	4:15
Diciembre	18:10	4:20

Tabla 14. Horas de iluminación necesarias

La iluminación requerida por cada instalación es la siguiente [25]:

- Pistas de pádel: 8 focos por pista con una potencia unitaria de 150 W.
- Pista multideportiva: 16 focos con una potencia unitaria de 250 W.
- Picadero: 4 focos con una potencia unitaria de 200 W.

En cuanto al gimnasio, este tendrá una superficie de unos 1600 m², y dispondrá de los equipos detallados en la Tabla 15.

Equipos	Unidades	Potencia Unitaria (W/ud)	Potencia Total (W)
Luminaria Vestuarios	16	18	288
Secador	4	500	2000
Luminarias zona descanso	4	18	72
Máquina expendedora café	1	1400	1400
Máquina expendedora snacks	1	650	650
Termo agua caliente	2	1500	3000
TV	3	86	258
Luminaria sala multiusos	14	18	252
Luminaria sala boxeo	8	18	144
Luminaria sala spinning	2	18	36
Proyector	1	330	330
Ordenador	2	400	800
Equipo música	3	500	1500
Router	3	6	18
Aire acondicionado	2	1500	3000
Impresora	2	25	50
Luminaria zona máquinas	30	18	540
Cinta de correr	10	3600	36000

Tabla 15. Equipos del gimnasio

Para poder estimar los datos de consumo de la piscina interior y el spa, se han extrapolado los datos recogidos en el estudio Energy Consumption of a Public Swimming Bath [26], adaptándolos al emplazamiento y a la superficie.

En cuanto a los establos, se ha estimado su consumo energético en base al consumo de una instalación similar ubicada en el “Camp Michigania”, publicado por la Universidad de Michigan [27].

Con todo ello, se ha considerado para el dimensionamiento de la instalación un consumo energético de las instalaciones deportivas como el detallado en la Tabla 16.

Mes	Consumo (kWh)
Enero	52150,5
Febrero	47673,9
Marzo	51597,8
Abril	48138,6
Mayo	48542,6
Junio	45334,7

Julio	40943,5
Agosto	36368,6
Septiembre	37435,2
Octubre	50820,5
Noviembre	50953,5
Diciembre	50335,4

Tabla 16. Consumo energético de las instalaciones deportivas

3.1.7 Consumo de la zona de restauración

Para poder estimar el consumo de los restaurantes, se han clasificado en tres tipos en función de su horario de apertura al público y su consumo (por clase de establecimiento y número de comensales):

- Abierto para almuerzo y cena con bajo consumo: vinoteca.
- Abierto para almuerzo y cena con alto consumo: restaurante tradicional, pub temático y Take Away.
- Abierto todo el día: restaurante Healthy/Club y terraza pool bar.

El consumo de estos establecimientos se ha cuantificado en base a los datos obtenidos por FIKElectricity [28], así como de la ocupación del glamping.

Además de los establecimientos mencionados, se ha estimado el consumo del Food Truck en base a los resultados de un estudio elaborado por la Universidad de Berlín [29] y del consumo estimado de los Food Trucks existentes en la Finca Rosalía [30].

En la Tabla 17 se detalla el consumo mensual de los establecimientos considerados.

Mes	Consumo (kWh)
Enero	7198,5
Febrero	6501,9
Marzo	7782,2
Abril	9366,8
Mayo	8365,8
Junio	11932,1
Julio	16123,7
Agosto	17072,1
Septiembre	12850,0
Octubre	9533,1
Noviembre	7531,1
Diciembre	7198,5

Tabla 17. Consumo energético de las zonas de restauración

3.1.8 Consumo de la zona histórica

La zona histórica está compuesta por la bodega, la casa histórica y la nave agrícola. Únicamente se considera el consumo por iluminación (4 W/m^2) para visitas. Este consumo se ve reflejado en la Tabla 18.

Mes	Consumo (kWh)
Enero	625,8
Febrero	565,3
Marzo	625,8
Abril	605,6
Mayo	625,8
Junio	605,6
Julio	625,8
Agosto	625,8
Septiembre	605,6
Octubre	625,8
Noviembre	605,6
Diciembre	625,8

Tabla 18. Consumo energético de la zona histórica

3.1.9 Consumo de las piscinas

El glamping dispone de una serie de piscinas con una superficie total 3750 m². Tomando como referencia el análisis energético de piscinas realizado por la Universidad Guglielmo Marconi [31] y teniendo en cuenta que en los meses de verano se consume más energía debido al incremento de horas de funcionamiento de la bomba de la piscina, el consumo mensual debido a estas instalaciones se ha cuantificado como se muestra en la Tabla 19.

Mes	Consumo (kWh)
Enero	5760,4
Febrero	5760,4
Marzo	5760,4
Abril	5760,4
Mayo	5760,4
Junio	8640,6
Julio	9792,6
Agosto	13248,9
Septiembre	8640,6
Octubre	5760,4
Noviembre	5760,4
Diciembre	5760,4

Tabla 19. Consumo energético de las piscinas

3.1.10 Consumo de la zona de eventos y celebraciones

Para estimar el consumo de esta zona, se ha tomado como referencia el Plan de Negocios de un salón de celebraciones en Granada [32], haciendo una extrapolación a los 2400 m² de superficie que tiene

aproximadamente la zona de celebraciones del glamping. Con ello, se ha obtenido el consumo que se muestra en la Tabla 20.

Mes	Consumo (kWh)
Enero	2635,9
Febrero	1318,0
Marzo	2635,9
Abril	5271,9
Mayo	7907,8
Junio	10543,8
Julio	10543,8
Agosto	7907,8
Septiembre	7907,8
Octubre	2635,9
Noviembre	1318,0
Diciembre	2635,9

Tabla 20. Consumo energético de la zona de eventos y celebraciones

3.1.11 Consumo de la recepción y las oficinas

La recepción y las oficinas cuentan con los equipos definidos en la Tabla 21, además de una iluminación LED de 100 lux. A partir de estos datos, se ha estimado el consumo energético definido en la Tabla 22.

Equipo/Instalación	Consumo unitario (W)	Cantidad en la Recepción	Cantidad en Oficinas
Ordenador	400	3	5
Bomba de calor/frío (REF)	1500	1	1
Bomba de calor/frío (CAL)	1520	1	1
Teléfono inalámbrico	2	3	5
Impresora	2,5	1	1
Router wifi	6	1	1

Tabla 21. Características de los equipos de la recepción y las oficinas

Mes	Consumo (kWh)
Enero	1713,5
Febrero	1515,5
Marzo	880,5
Abril	847,2
Mayo	880,5
Junio	1639,2
Julio	1702,5
Agosto	1702,5

Septiembre	1639,2
Octubre	880,5
Noviembre	847,2
Diciembre	1713,5

Tabla 22. Consumo energético de la recepción y las oficinas

3.1.12 Consumo de las infraestructuras de uso colectivo

En las infraestructuras de uso colectivo se engloba en consumo energético de los almacenes, la garita de control de acceso y seguridad y los bloques sanitarios. La demanda energética de los dos primeros, al igual que los establos, se ha estimado a partir de los datos proporcionados por “Camp Michigania” [27].

En cuanto a los bloques sanitarios, se ha estimado su demanda en base a los consumos de los distintos equipos:

- Secador de pelo (12): 1600 W [17]
- Secador de manos (6): 2000 W [33]
- Iluminación: 150 lux

Con todo ello, el consumo estimado es el que se muestra en la Tabla 23.

Mes	Consumo (kWh)
Enero	2003,8
Febrero	2020,8
Marzo	2020,8
Abril	2411,4
Mayo	2020,8
Junio	2640,5
Julio	3472,6
Agosto	3667,9
Septiembre	2835,8
Octubre	2020,8
Noviembre	2003,8
Diciembre	2020,8

Tabla 23. Consumo energético de las infraestructuras de uso colectivo

3.1.13 Consumo de la iluminación exterior

La demanda de iluminación exterior ha sido estimada a partir de los datos extraídos del Proyecto de alumbrado exterior en un camping de uso privado en Cuenca [34], y se muestra en la Tabla 24.

Mes	Consumo (kWh)
Enero	2053,6
Febrero	1690,9
Marzo	1766,2
Abril	1540,2
Mayo	1446,0

Junio	1328,2
Julio	1403,6
Agosto	1526,0
Septiembre	1629,7
Octubre	1855,7
Noviembre	1940,5
Diciembre	2086,5

Tabla 24. Consumo energético de la iluminación exterior

3.1.14 Consumo total mensual del Glamping los Madroñales

Sumando todos los consumos mensuales detallados en los apartados anteriores se obtiene la predicción de la demanda energética del glamping, recogida en la Tabla 25. Como puede observarse, el mes con mayor demanda es agosto (270061,6 kWh) y con menor, febrero (119672,1 kWh). Sin embargo, al analizar el consumo diario, se aprecia que el mes con menor consumo es mayo. Esto se debe al número de días considerado en cada mes, siendo este 28 en febrero y 31 en mayo.

Mes	Consumo Total (kWh)	Consumo Total Diario (kWh/día)
Enero	130835,8	4220,5
Febrero	120323,1	4297,3
Marzo	133613,5	4310,1
Abril	127436,6	4247,9
Mayo	124288,5	4009,3
Junio	217657,8	7255,3
Julio	263739,7	8507,7
Agosto	271546,0	8759,5
Septiembre	138304,8	4610,2
Octubre	128629,7	4149,3
Noviembre	130036,3	4334,5
Diciembre	129536,6	4178,6
Total (kWh)	1915948,46	62880,26

Tabla 25. Consumo total del glamping

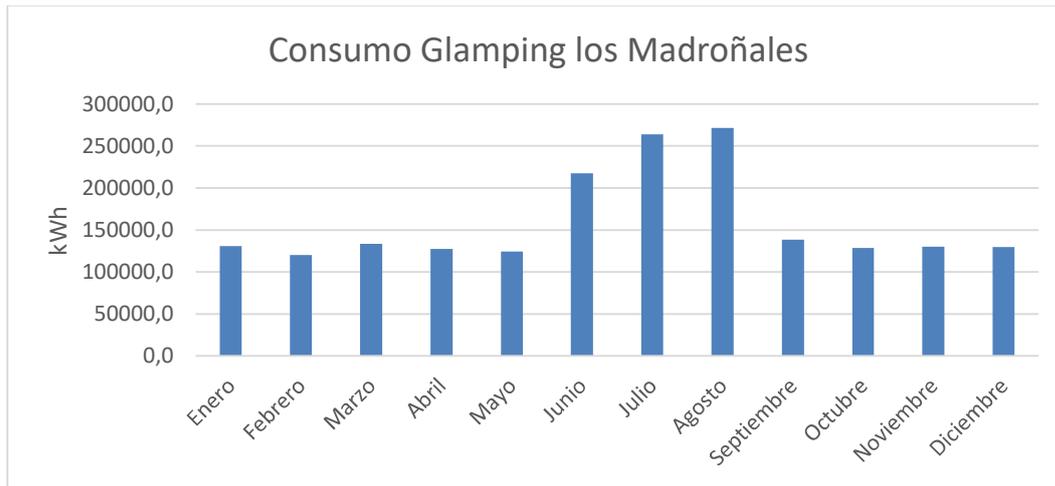


Ilustración 13. Evolución del consumo mensual del glamping

3.2 Perfil de consumo horario

Para conocer con mayor exactitud la actividad energética de la instalación, a continuación, se muestra el perfil de consumo medio horario mensual para los meses de mayo y agosto Ilustración 14, donde se puede observar a qué horas del día se producen los picos de demanda energética. Estas curvas se han estimado a partir de las mismas referencias detalladas en apartados anteriores, y el perfil desglosado por tipo de establecimiento, para más detalle, puede encontrarse en los Anexo B. Perfil de consumo horario de mayo (kWh). y Anexo C. Perfil de consumo horario de agosto (kWh).

Anexo C. Perfil de consumo horario de agosto (kWh).

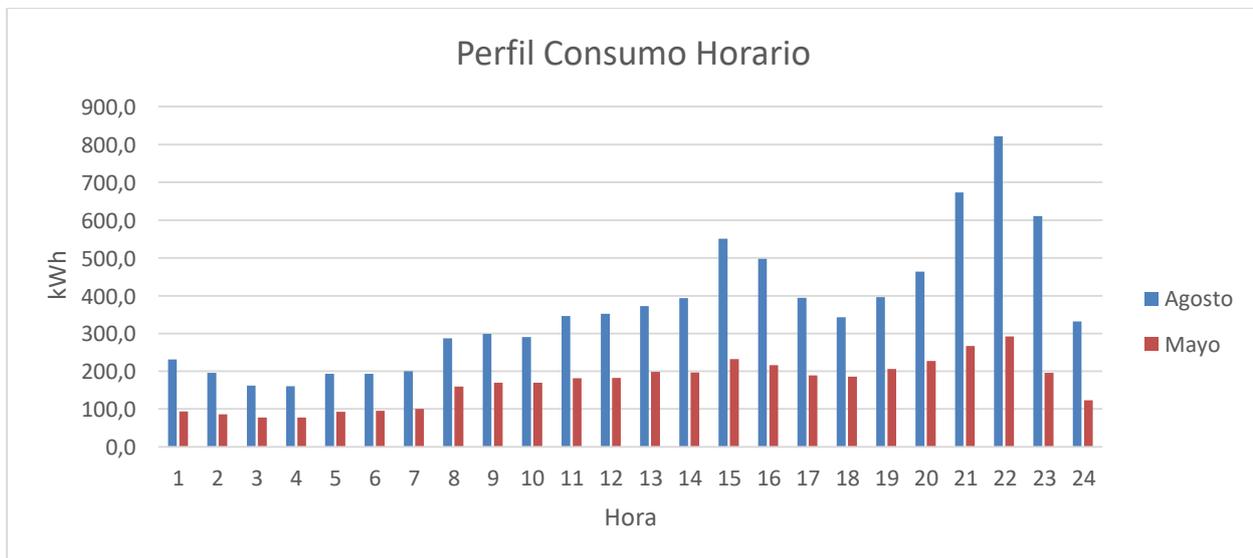


Ilustración 14. Perfil de consumo horario para un día tipo de mayo y de agosto

Puede observarse que los picos se producen entre las 21.00 y las 22.00, horas en las que la instalación fotovoltaica no estará produciendo energía debido a la falta de radiación. Por ello, la instalación se dimensionará para tratar de cubrir los picos de las horas centrales del día siendo este 550,8 kWh en agosto y 231,5 kWh en mayo.

4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

FOTOVOLTAICA

En este capítulo se presenta una descripción detallada de la instalación fotovoltaica diseñada, abarcando desde su ubicación hasta los componentes principales seleccionados y sus características.

4.1 Ubicación de la instalación fotovoltaica

Con el fin de minimizar el impacto visual de la instalación fotovoltaica, y con tal de que quede una instalación compacta, se propone ubicar los paneles en lo alto de las marquesinas del parking. Este está compuesto por 16 estructuras de 25x5 m, tiene una orientación suroeste (con un azimut de 20°) y una inclinación de 10°. La superficie disponible para la instalación de paneles en cada estructura es de 126,93 m², por lo que la superficie total es de 2030,84 m². En la Ilustración 15 y en la Ilustración 16 se muestran la vista lateral y en planta de cada estructura de la marquesina, así como la superficie disponible para el parking.

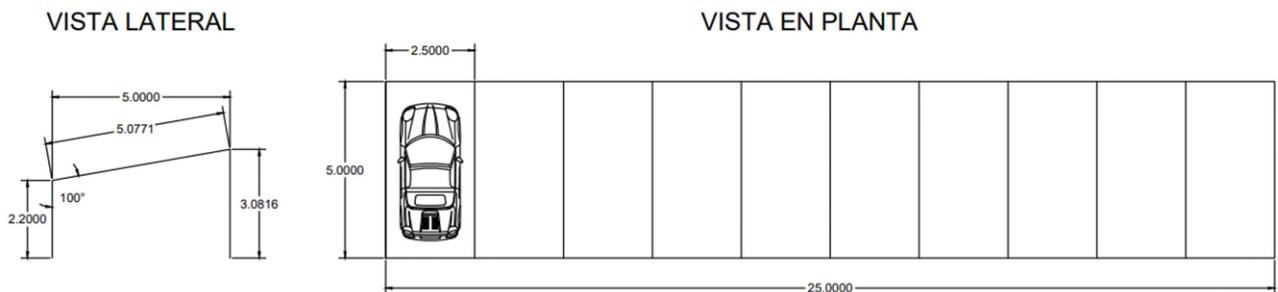


Ilustración 15. Vista lateral y en planta de la estructura de la marquesina

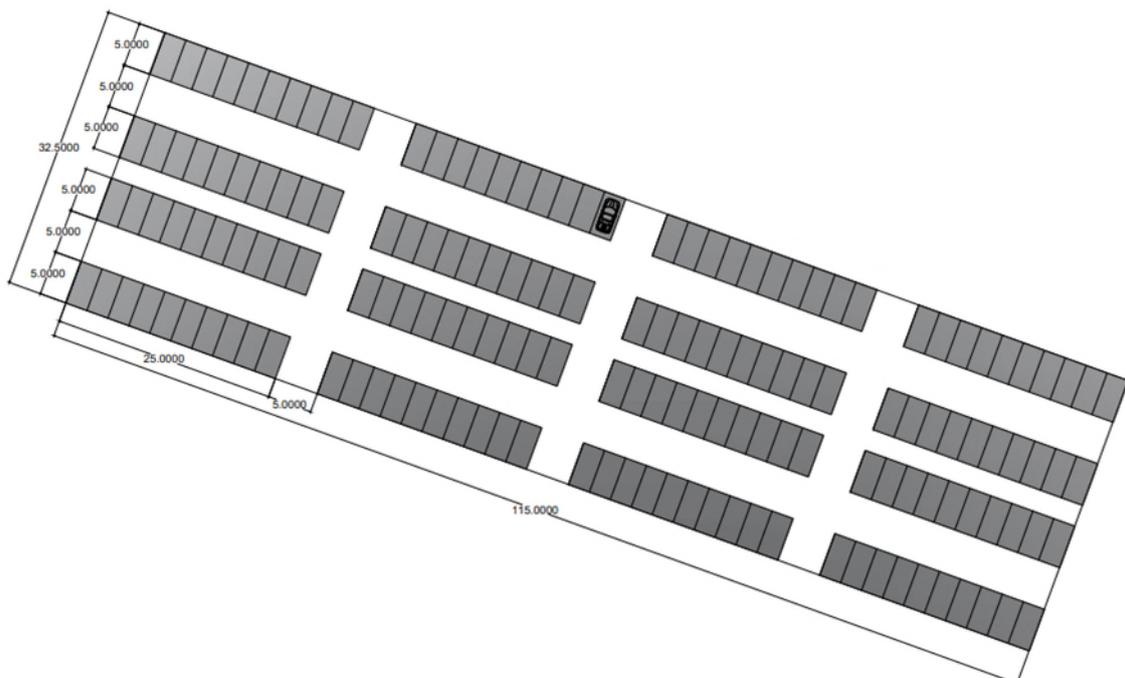


Ilustración 16. Superficie disponible para el parking

4.2 Selección de los equipos principales de la instalación

El diseño de una instalación fotovoltaica de autoconsumo requiere una adecuada selección de componentes para asegurar su eficiencia, durabilidad y viabilidad económica. En este apartado, se abordará la elección de los equipos principales: el módulo fotovoltaico y el inversor. En las siguientes secciones, se detallarán los criterios de selección de cada uno de estos componentes, para configurar una instalación fotovoltaica de optimizada y de acuerdo con las necesidades específicas del proyecto.

4.2.1 Selección del panel fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos son los responsables de convertir la radiación solar en energía eléctrica y son, por ello, la pieza central de cualquier instalación solar. Para seleccionar los módulos adecuados, se ha hecho una comparativa entre los mejores paneles del mercado según la revista Clean Energy Reviews [35], que se muestra en la Tabla 26. Para ello, se han considerado diversos factores, como la eficiencia de la conversión, la potencia pico y la densidad de potencia (potencia por unidad de superficie), así como el coste por vatio pico.

Módulo	Potencia (W _p)	Eficiencia (%)	Dimensiones (mm)	Área (m ²)	Densidad de Potencia (W/m ²)	Precio (€/W _p)
Longi Solar Hi-Mo 6 Scientist	440	22,80%	1722*1134*31	1,95	225,32	0,227
Aiko Solar Black Hole Series NEOSTAR 1S	445	22,80%	1722*1134*30	1,95	227,88	0,218
CanadianSolar TopHiKu6	460	22,50%	1800*1134*31	2,04	225,36	0,209
Jinko Solar Tiger NEO N-Type	480	22,24%	1903*1134*30	2,16	222,43	0,260
Trina Solar Vertex S	430	21,80%	1762*1134*31	2,00	215,20	0,251

Tabla 26. Comparativa de paneles fotovoltaicos

De acuerdo con esta comparativa, los mejores paneles calidad/precio son el Aiko Solar Black Hole Series NEOSTAR 1S y el CanadianSolar TopHiKu6. El módulo de Aiko presenta una mayor eficiencia y densidad de potencia, pero el precio es algo superior al de CanadianSolar, que además presenta una mayor potencia.

Se analiza la capacidad que se podría instalar en el espacio disponible con cada uno de estos módulos. Debido a las dimensiones de los módulos, si se instalase los módulos de CanadianSolar, la potencia pico de la instalación sería de 382,72 kW_p (832 módulos), frente a una potencia de 469,72 kW_p si se instalasen los módulos de Aiko (1056 módulos). Por este motivo, se selecciona el panel solar Aiko Solar Black Hole Series NEOSTAR 1S de 445 W_p. El datasheet con las características principales del módulo se encuentra en el Anexo D. Datasheet del módulo fotovoltaico.

4.2.2 Selección del inversor

El inversor, por su parte, es el encargado de transformar la corriente continua (CC) generada por los módulos en corriente alterna (CA), compatible con la red eléctrica y los consumos domésticos o industriales.

Antes de seleccionar el inversor, es importante mencionar que, de acuerdo con el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, las instalaciones fotovoltaicas con una potencia instalada superior a 100 kW no podrán acogerse a la modalidad de autoconsumo con excedentes. Al no ser posible la instalación de baterías en el emplazamiento, el sistema fotovoltaico deberá tener integrado un sistema de anti vertido a red.

Por esto último, se selecciona a Huawei como suministrador de los inversores, ya que su gama SUN2000-30/36/40KTL-M3 cuenta con un sistema de inyección cero, que evita que se viertan los excedentes de energía a la red eléctrica.

La potencia nominal del inversor debe ser cercana a la potencia total del sistema. Como el parking cuenta con

16 estructuras en las que se puede instalar 29,37 kW_p, se debería seleccionar un inversor que pueda manejar al menos esta potencia, con un margen adicional para eficiencia y condiciones ambientales. Por ello, la instalación contará con 16 inversores SUN2000-30KTL-M3. El datasheet con las características principales del inversor se encuentra en el Anexo E. Datasheet del inversor.

4.3 Características principales de la instalación

Como se ha mencionado anteriormente, la instalación contará con 16 inversores SUN2000-30KTL-M3, a cada uno de los cuales se conectarán 66 módulos fotovoltaicos Aiko Solar Black Hole Series NEOSTAR 1S. Las características principales de estos equipos se muestran en las Tabla 27 y Tabla 28, respectivamente.

CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO		
Potencia unitaria	W _p	445
Tensión en el punto de máxima potencia - V _{MPP}	V	33,6
Corriente en el punto de máxima potencia - I _{MPP}	A	13,25
Tensión en circuito abierto - V _{OC}	V	40,59
Corriente de cortocircuito - I _{SC}	A	14,02
Tensión máxima del sistema	V	1500
Coefficiente de temperatura de la potencia máxima	%/°C	-0,26
Coefficiente de temperatura de V _{OC}	%/°C	-0,22
Coefficiente de temperatura de I _{SC}	%/°C	0,05

Tabla 27. Características del módulo fotovoltaico

CARACTERÍSTICAS DEL INVERSOR - INPUT		
Tensión máxima de entrada	V	1100
Intensidad máxima por MPPT	A	27
Intensidad máxima de cortocircuito por MPPT	A	40
Tensión de arranque	V	200
Tensión de funcionamiento MPPT	V	200-1000
Tensión nominal de entrada	V	600
Nº MPPT	-	4
Nº entradas	-	8

Tabla 28. Características del inversor

A partir de estos datos, se pueden calcular dos parámetros fundamentales de la instalación fotovoltaica, que son el número de strings por MPPT y el número de módulos por string. Para ello, es necesario conocer la temperatura máxima y mínima de la célula fotovoltaica. Esta temperatura de trabajo de la célula se obtiene en función de las condiciones normales de operación, con una irradiancia de 800 °C y una temperatura ambiente de 20°C [36]:

$$T_{cel} = T_{amb} + \frac{TONC - 20}{800} \cdot 1000 \quad (1)$$

Donde:

- T_{cel}: temperatura de la célula o módulo (°C)
- T_{amb}: temperatura ambiente (°C)

- TONC: temperatura de operación normal de la célula (°C), valor suministrado por el fabricante del panel (47°C)

Sabiendo que las temperaturas máximas y mínimas del emplazamiento son, respetivamente, 27 y 11,2 °C (como se determinó en el apartado 2.1.1, se calcula que la temperatura máxima y mínima de operación de la célula son:

$$T_{max,cel} = 60,75^{\circ}C \quad T_{min,cel} = 44,95^{\circ}C$$

A partir de estas temperaturas, se pueden ajustar los parámetros de tensión e intensidad proporcionados por el fabricante del módulo, haciendo uso de las siguientes fórmulas [36]:

$$V_{OC} = V_{OCn} \cdot (1 + \beta \cdot (T_{cel} - 25)) \quad (4)$$

$$I_{SC} = I_{SCn} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{cel} - 25)) \quad (3)$$

$$V_{MP} = V_{MPn} \cdot (1 + \beta \cdot (T_{cel} - 25)) \quad (2)$$

$$I_{MPP} = I_{MPPn} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{cel} - 25)) \quad (5)$$

Siendo:

- β : Coeficiente de temperatura de tensión (%/°C)
- α : Coeficiente de temperatura de intensidad (%/°C)

Los parámetros corregidos de muestran en la Tabla 29.

	$T_{cel,max}(60,75^{\circ}C)$	$T_{cel,min}(44,95^{\circ}C)$
V_{OC} (V)	37,40	38,81
I_{SC} (A)	14,27	14,16
V_{MP} (V)	30,96	32,13
I_{MPP} (A)	13,49	13,38

Tabla 29. Valores ajustados por temperatura de tensión e intensidad

4.3.1 Cálculo del número de módulos por string

El número máximo de módulos por string está limitado por la tensión máxima de entrada del inversor (1100 V) y la tensión de circuito abierto del módulo (V_{oc}) ajustada a la temperatura mínima:

$$N_{max} < \frac{V_{max,inv}}{V_{OC}(T_{cel,min})} = 28,34 \quad (5)$$

Por su parte, el número mínimo de módulos por string está limitado por la tensión de arranque, que además es igual que la tensión mínima de funcionamiento del MPPT (200 V) y la tensión en el punto de máxima potencia (V_{mp}) ajustada a la temperatura máxima:

$$N_{min} > \frac{V_{min,inv}}{V_{MP}(T_{cel,max})} = 6,46 \quad (6)$$

Por lo tanto, el número de módulos por string debe de estar comprendido entre 7 y 28.

El número de strings por MPPT está limitado por la intensidad máxima y la intensidad máxima de cortocircuito por MPPT:

$$N_{s,max} < \frac{I_{max,MPPT}}{I_{MPP}(T_{cel,max})} = 2,0015 \quad (8)$$

$$N_{s,max} < \frac{I_{maxSC,MPPT}}{I_{SC}(T_{cel,max})} = 2,8031 \quad (9)$$

El número de strings en paralelo que se pueden conectar por MPPT es, por tanto, de 2. Al haber 4 MPPT, se

conectarán 8 strings por inversor.

La distribución de strings por inversor será la siguiente:

- 6 strings de 8 módulos
- 2 strings de 9 módulos

4.4 Diagrama unifilar del generador fotovoltaico

Con todo lo expuesto anteriormente, el diagrama unifilar de la parte del generador fotovoltaico queda como se muestra en la Ilustración 17. Para reducir los costes y aumentar la eficiencia de la instalación, se recomienda que la conexión de los módulos en serie se realice empleando el método de la rana (leap-frog). Este método se basa en realizar el conexionado saltando del panel adyacente al siguiente aprovechando la longitud del cable propio de cada panel. Así, la conexión realizada será en la ida de los paneles impares y en la vuelta de los pares; de esta forma, se evita tener que utilizar cable adicional.

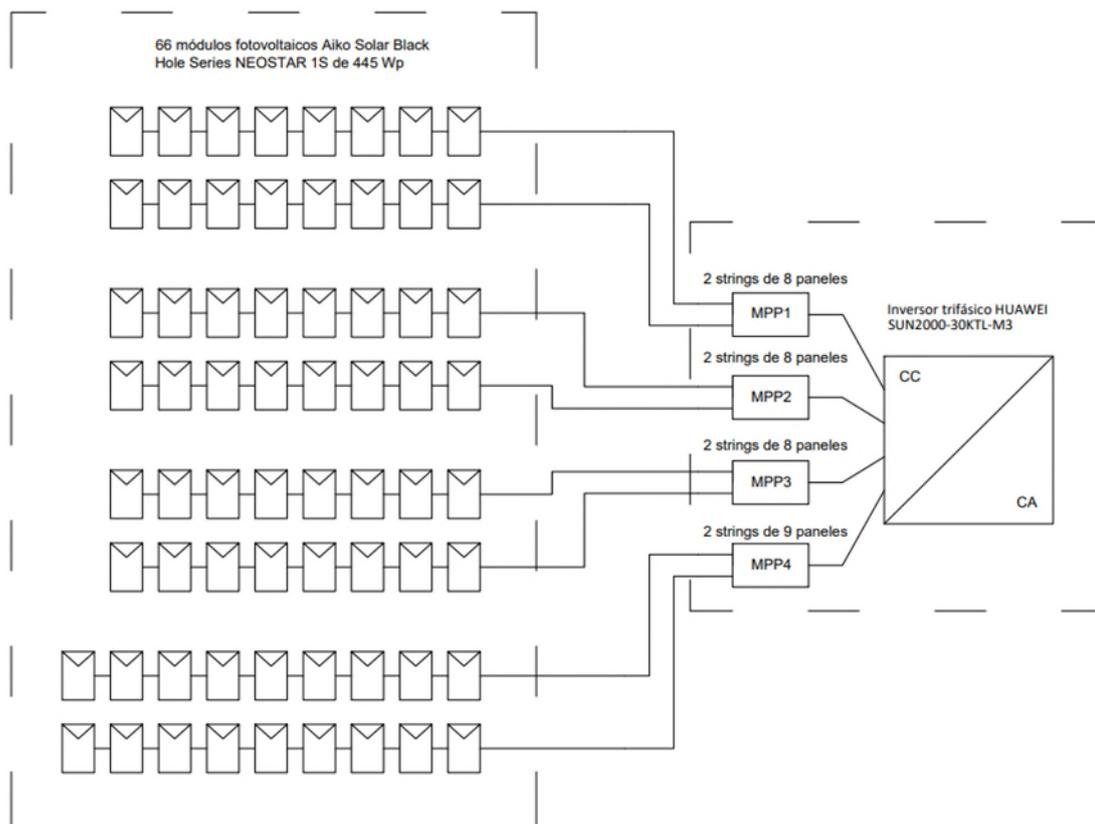


Ilustración 17. Diagrama unifilar simplificado del generador fotovoltaico

5 COBERTURA DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL GLAMPING

En el capítulo 0, se recogió una estimación del consumo energético de las instalaciones del Glamping. En este capítulo, una vez se han seleccionado los equipos, se procede a estimar la producción de la futura instalación, para ver, a su vez, qué cantidad de energía será necesaria suministrar de la red eléctrica convencional.

5.1 Producción de la instalación fotovoltaica

La energía producida por el campo solar (P_{PV}) se puede estimar a partir de la Ecuación 10 [37].

$$P_{PV} = n \cdot \eta_{MPPT} \cdot \left[Y_{PV} \cdot F_{PV} \cdot \frac{G_t}{G_{t,STC}} \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\left(T_{amb} + G_t \cdot \frac{T_{ONC} - 20}{0,8} \right) - T_{c,STC} \right) \right) \right] \quad (10)$$

Siendo,

- n : número de paneles;
- η_{MPPT} : eficiencia del regulador de carga del seguidor del punto de máxima potencia (MPPT);
- Y_{PV} : potencia pico del panel en condiciones estándar de operación;
- F_{PV} : factor de derrateo (estimado en 0,85);
- G_t : radiación solar incidente en el campo solar fotovoltaico (kW/m^2);
- $G_{t,STC}$: radiación solar incidente bajo condiciones estándar de operación ($1 \text{ kW}/\text{m}^2$);
- α : coeficiente de temperatura de la potencia;
- T_{amb} : temperatura ambiente;
- T_{ONC} : temperatura en las condiciones de operación nominales de la célula (20°C y $800 \text{ W}/\text{m}^2$);
- $T_{c,STC}$: temperatura de la célula solar bajo condiciones estándar de operación.

Con todo ello, se estima una producción anual de la instalación fotovoltaica de 789588,6 kWh. La producción mensual puede encontrarse en la Tabla 30. Para más información, la producción horaria se detalla en el Anexo F. Producción horaria mensual de la instalación fotovoltaica.

Mes	Producción (kWh)
Enero	41413,5
Febrero	46835,4
Marzo	63608,1
Abril	74762,2
Mayo	87679,6
Junio	89644,6
Julio	94155,0
Agosto	86124,8
Septiembre	69855,5
Octubre	56397,5

Noviembre	41305,4
Diciembre	37807,0

Tabla 30. Producción mensual de la instalación fotovoltaica

5.2 Necesidad de suministro de la red convencional

Contrastando los datos de producción de la instalación con el consumo del glamping estimado en el Capítulo 3, se estima que la necesidad de suministro energético anual del glamping es de 1199505,6 kWh, con lo que la instalación cubre un 37,4 % de la demanda energética de las instalaciones.

La necesidad de suministro energético de la red convencional mensual puede encontrarse en la Tabla 31. Para más información, la producción horaria se detalla en el Anexo F. Producción horaria mensual de la instalación fotovoltaica.

Mes	Suministro REE (kWh)
Enero	90658,8
Febrero	77257,0
Marzo	77444,4
Abril	67544,2
Mayo	61413,4
Junio	128546,2
Julio	169779,1
Agosto	185421,2
Septiembre	81273,0
Octubre	78691,6
Noviembre	89239,3
Diciembre	92328,5

Tabla 31. Necesidad de suministro mensual de la red convencional

5.3 Excedentes de la instalación

Hay momentos del día en determinados meses en los que la instalación fotovoltaica produce más energía de la que se estima que se consumirá en el glamping en ese momento. Por ello, mensualmente, se produce un excedente de energía como el mostrado en la Tabla 32. Como puede observarse, en agosto no se produce ningún excedente ya que la demanda energética para la cual se ha dimensionado la instalación es la correspondiente a este mes. Como se ha comentado anteriormente, los inversores tienen un sistema de inyección cero para evitar el vertido de estos excedentes a la red. Para mayor detalle, consultar el Anexo H. Excedentes horarios de la instalación fotovoltaica.

Mes	Excedentes (kW)
Enero	1236,5
Febrero	3769,2
Marzo	7439,0
Abril	14869,8
Mayo	24804,5
Junio	533,0
Julio	194,4
Agosto	0,0
Septiembre	12823,7
Octubre	6459,3

Noviembre	508,4
Diciembre	599,0

Tabla 32. Excedentes de la instalación

5.4 Demanda energética vs Energía producida en los meses de estudio

Como se ha visto en los apartados anteriores, el comportamiento de la instalación y las necesidades energéticas del glamping difieren en los distintos meses del año. Por ello, para una mayor claridad, se muestran en las Ilustración 18 e Ilustración 19, la producción de energía por parte del campo fotovoltaico, el consumo energético del glamping, la necesidad de suministro por parte de la red y los excedentes para los meses de mayo y agosto, respectivamente.

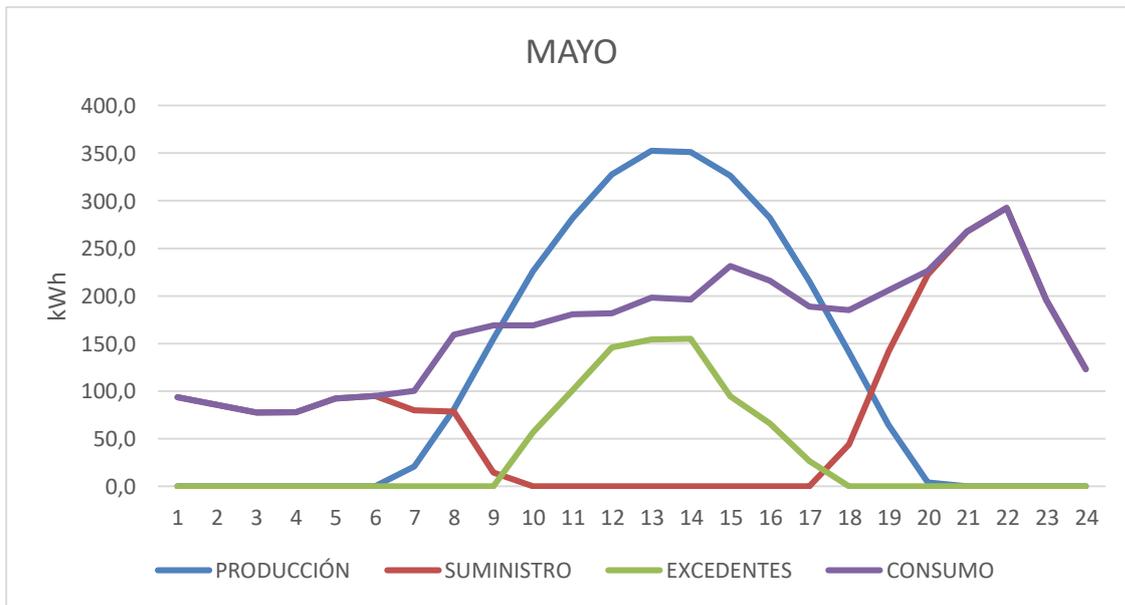


Ilustración 18. Producción, consumo, necesidad de suministro y excedentes en mayo

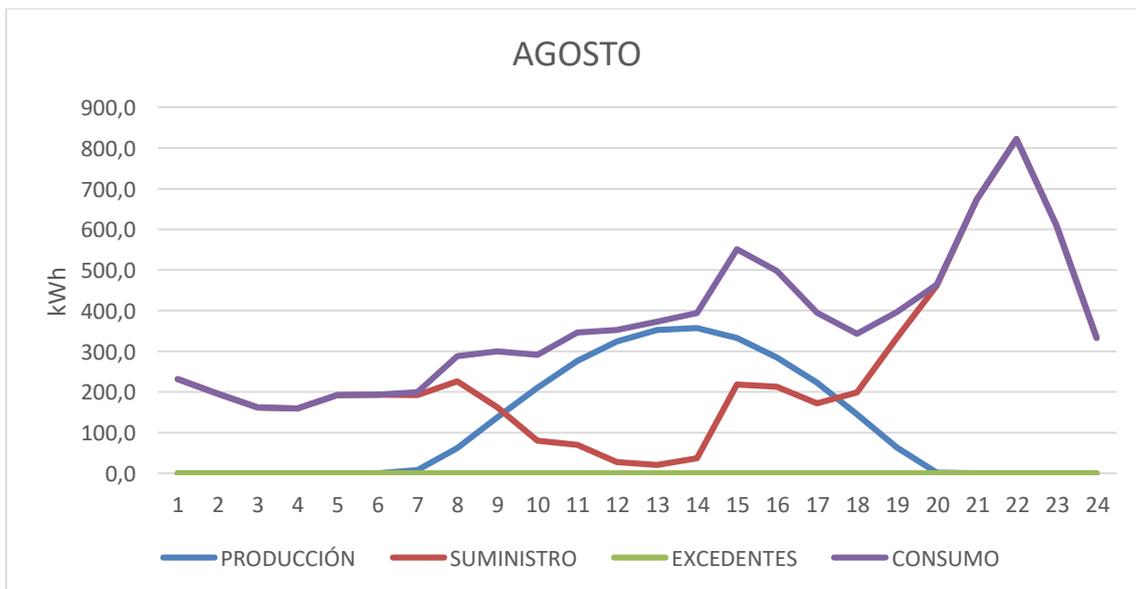


Ilustración 19. Producción, consumo, necesidad de suministro y excedentes en agosto

5.5 Estudio de cambio de inclinación

Para maximizar la producción, los paneles fotovoltaicos deberían tener una inclinación próxima a la latitud del emplazamiento. Por ello, se analiza la posibilidad de que las placas fotovoltaicas tengan una inclinación de 30°, o lo que es lo mismo, añadir una estructura soporte que proporcione una inclinación adicional de 20°.

Se han obtenido los datos promedio diarios de irradiancia para cada mes (Tabla 33), considerando una inclinación de 30° y un azimut de 20°.

RADIACIÓN GLOBAL (Wh/m²) (azimut: 10°, inclinación: 30°)

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6:00	0,0	0,0	0,0	10,2	42,8	53,4	42,4	18,4	0,0	0,0	0,0	0,0
7:00	0,0	0,0	25,7	76,5	114,3	115,6	95,0	77,4	66,9	40,8	2,0	0,0
8:00	70,7	110,6	177,6	251,1	300,9	300,5	284,0	268,5	253,2	218,6	154,1	91,4
9:00	265,7	308,0	370,0	447,8	501,0	493,6	487,0	478,4	456,3	407,7	332,8	282,1
10:00	451,2	495,5	553,4	637,5	674,0	676,1	684,6	678,8	649,5	600,3	513,0	454,8
11:00	580,9	645,5	713,6	787,6	823,0	826,0	844,8	839,2	788,4	732,7	632,7	595,5
12:00	685,8	730,3	774,9	858,9	916,6	923,4	949,8	945,2	892,8	794,0	698,1	659,0
13:00	686,5	784,6	825,7	895,7	934,1	950,6	983,7	982,9	910,4	810,1	693,2	661,9
14:00	657,4	741,9	802,7	835,3	880,2	897,7	950,0	933,1	839,3	724,5	609,6	585,1
15:00	536,3	632,0	690,8	735,7	767,4	792,3	839,5	808,2	738,0	596,3	489,1	485,8
16:00	388,7	458,2	521,5	569,8	585,2	623,4	669,4	637,0	550,3	405,6	303,5	294,3
17:00	93,3	250,7	303,3	354,6	379,3	420,5	453,7	416,7	313,9	154,1	6,3	0,2
18:00	0,0	0,2	58,5	131,6	167,4	206,8	229,8	182,4	59,4	0,0	0,0	0,0
19:00	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	33,2	37,0	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0
20:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	4416,4	5157,5	5817,5	6592,3	7094,3	7313,2	7550,9	7270,6	6518,4	5484,5	4434,4	4110,1

Tabla 33. Valores mensuales de los datos promedio diarios de irradiancia con una inclinación de 30°

Con ello se obtiene la irradiancia media diaria de cada mes del año, que ha sido representada en la Ilustración 20.

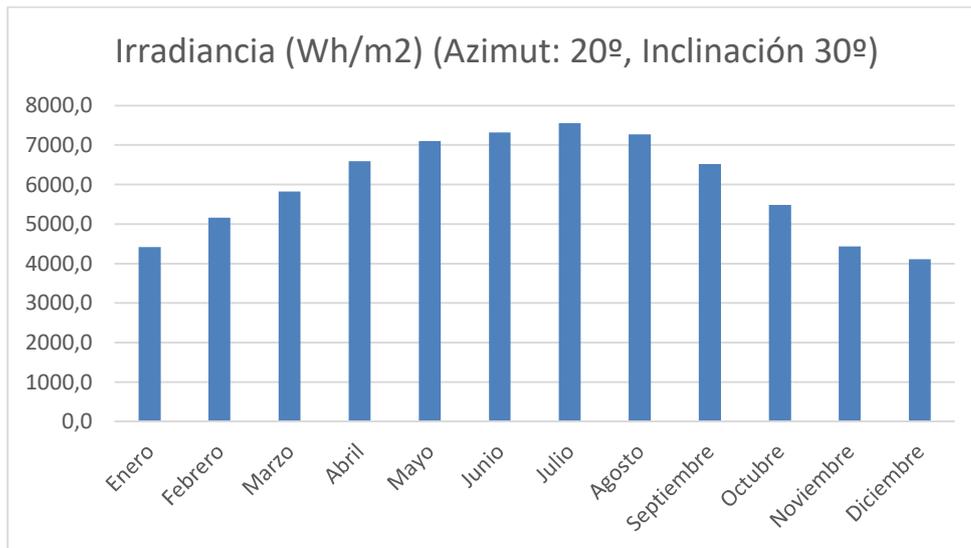


Ilustración 20. Irradiancia media diaria para cada mes del año con una inclinación de 30°

A partir de estos datos pueden obtenerse la hora sol pico (HSP) del emplazamiento en cada mes del año, recogidas en la Tabla 34.

Mes	HSP
Enero	4,4
Febrero	5,2
Marzo	5,8
Abril	6,6
Mayo	7,1
Junio	7,3
Julio	7,6
Agosto	7,3
Septiembre	6,5
Octubre	5,5
Noviembre	4,4
Diciembre	4,1

Tabla 34. HSP del emplazamiento con una inclinación de 30°

Con estos datos, se recalcula la producción del campo solar, haciendo uso de la Ecuación 11. Manteniendo el número de paneles inicial (1056), se obtiene una producción anual de 840096,9 kWh, superior a la producción anual obtenida con la inclinación de 10° (789588,6 kWh). Por ello, se calcula el número de paneles que se necesitarían de cara a obtener la misma producción anual, obtenido un valor de 993 paneles, lo que consiste en un ahorro de 63 módulos. Los datos de producción se encuentran recogidos en el Anexo I. Producción horaria mensual de la instalación fotovoltaica con una inclinación de 30°.

Ahora bien, el cambio de inclinación supone una disminución de la superficie disponible para la instalación de paneles, ya que debido a las sobras que se producen hay que dejar una distancia entre ellos. Si la cubierta fuera completamente plana, la distancia mínima entre paneles (d), representada en la Ilustración 21, para una inclinación de 30°, sería [38]:

$$d = k \cdot h \quad (11)$$

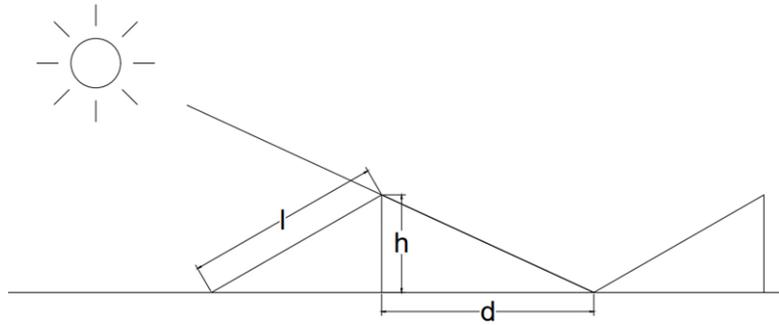


Ilustración 21. Distancia mínima entre paneles solares

Siendo:

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} \tag{12}$$

$$h = l \cdot \text{sen}(30^\circ) \tag{13}$$

En el caso que aplica en este Trabajo de Fin de Máster, la inclinación de 30° se consigue mediante una cubierta con una pendiente de 10° y un soporte que proporciona 20° de inclinación adicionales. Siguiendo el razonamiento anterior y aplicando los teoremas básicos de trigonometría, se calcula cuál es la distancia mínima que debe haber entre paneles en dos situaciones diferentes: panel colocado verticalmente y horizontalmente. En el primer caso (Ilustración 22), la longitud l a considerar se corresponde con el largo del panel ($L = 1722 \text{ mm}$), mientras que en el segundo caso (Ilustración 23) sería el ancho ($W = 1340 \text{ mm}$).

La distancia mínima entre paneles con la orientación vertical es $d_1 = 9687 \text{ mm}$, mientras que con la orientación horizontal es $d_2 = 6380 \text{ mm}$. Como puede comprobarse, en el primer caso se podrían instalar dos filas de paneles, lo que se corresponde con un total de 704 paneles; mientras que en el segundo caso cabrían tres filas de 14 paneles por estructura, es decir, 672 paneles.

En ninguno de los dos casos se logra llegar al número de paneles que igualaba a la producción anual con la inclinación de 10° (993 paneles), por lo que, dado el espacio que hay disponible para la instalación fotovoltaica no se puede aumentar, se descarta la opción de aumentar la inclinación a 30° .

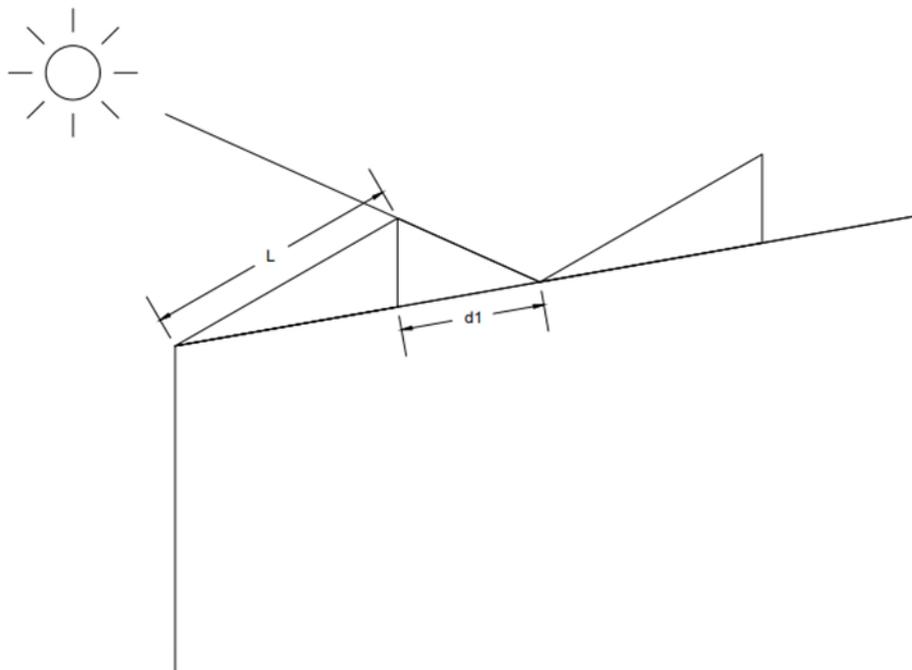


Ilustración 22. Distancia mínima entre paneles con el módulo colocado verticalmente

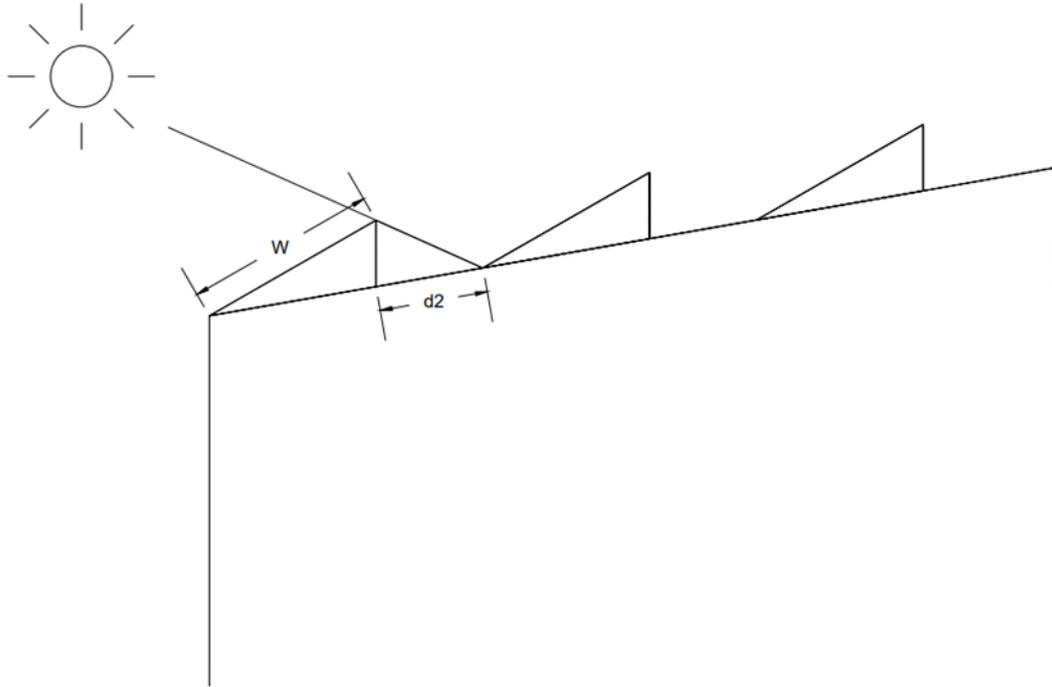


Ilustración 23. Distancia mínima entre paneles con el módulo colocado horizontalmente

6 PRESUPUESTO

En este capítulo se presenta el cálculo aproximado del presupuesto necesario para la instalación fotovoltaica de autoconsumo en el Glamping los Madroñales. El objetivo es proporcionar una estimación de los costos asociados con la implementación del sistema, abarcando todos los componentes y actividades involucradas.

Para ello, se han tenido en cuenta los costes de los módulos fotovoltaicos y de los inversores, y se han estimado otros costes como la instalación eléctrica, la mano de obra y el estudio de seguridad y salud en base al presupuesto de un proyecto similar [39]. Los costes asociados a las estructuras de las marquesinas del parking no se han tenido en cuenta, ya que forman parte del propio complejo del glamping. De esta manera, el presupuesto total de la instalación (Tabla 35) asciende a 235.338,76 €.

Descripción	Precio/ud	Cantidad	Precio total
Aiko Solar Black Hole Series NEOSTAR 1S	96,92 €	1056	102.347,52 €
Inveror Huawei SUN2000-30KTL-M3	2.793,00 €	16	44.688,00 €
Instalación eléctrica	-		24.112,17 €
Mano de obra	-		56.390,40 €
Seguridad y salud	7.800,67 €	1	7.800,67 €
Total			235.338,76 €

Tabla 35. Presupuesto aproximado de la instalación fotovoltaica

6.1 Rentabilidad de la inversión

A continuación, con el consumo estimado en el Capítulo 3, se calcula el coste que supondría la factura de la luz anual (sin FV) y se compara con la factura que habría que pagar si se instalaran las placas solares (con FV), teniendo en cuenta la producción y los excedentes generados. En la Tabla 36 se muestran los costes de estas facturas, para cuya estimación se ha considerado un precio medio por MWh es de 100,18 euros [40].

	Sin FV	Con FV
Consumo anual (kWh)	1915948,456	
Potencia total a suministrar de la red convencional (kWh)	1915948,46	1199596,79
Coste anual de la energía suministrada (€)	191939,72	120175,61

Tabla 36. Factura de luz anual sin y con la instalación fotovoltaica

Puede observarse que se produce un ahorro anual de 71.764,11 € en la factura.

Con estos datos, se estima que el periodo de recuperación de la inversión es de 4 años y se calcula un ahorro a 25 años vista de 1.558.763,99 €. Estos resultados se muestran en la gráfica representada en la Ilustración 24.

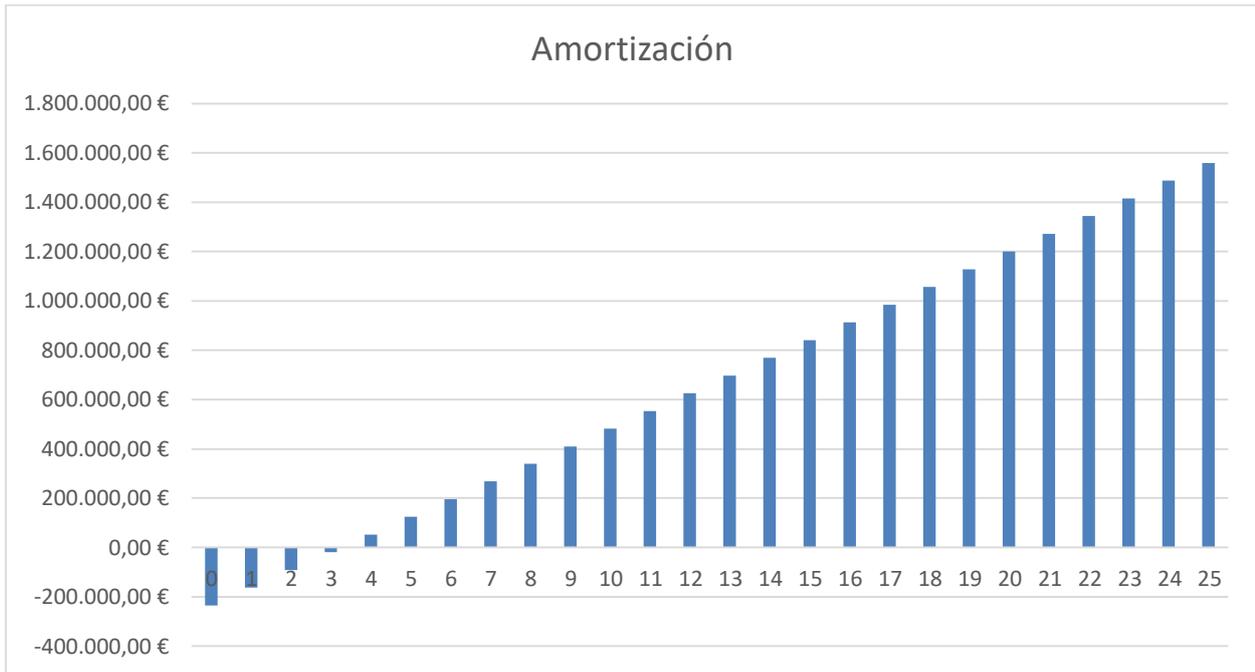


Ilustración 24. Amortización de la inversión

7 CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones finales del Trabajo de Fin de Máster, basadas en los resultados obtenidos a lo largo del estudio y el análisis detallado de la instalación fotovoltaica de autoconsumo en el Glamping los Madroñales. Además, se identifican las posibles áreas de mejora y las recomendaciones para futuras investigaciones o implementaciones.

Se recomienda emplear equipos o disposiciones que favorezcan la eficiencia energética de las instalaciones, para reducir el consumo eléctrico, sobre todo en las horas del día en las que, por falta de radiación, la instalación no está produciendo energía.

Además, en un futuro, se podría considerar la combinación de la energía fotovoltaica con otra forma de generación renovable, como podría ser la eólica, para maximizar la producción de energía y mejorar la estabilidad del suministro, aprovechando así las sinergias entre ambas tecnologías y diversificando las fuentes de energía renovable en el glamping. Esta hibridación podría permitir, además, generar energía para autoconsumo en las horas del día en las que se producirán los picos de consumo, entre las ocho y las diez de la noche.

Por otro lado, si se dispusiera de una mayor superficie para la instalación, como se vio en el capítulo 5, podría ser interesante aumentar 20° la inclinación de las placas. De esta manera, con un menor número de paneles fotovoltaicos se lograría alcanzar la misma producción anual.

Por último, es importante destacar la relevancia de este proyecto en el contexto actual de transición energética y la creciente necesidad de soluciones sostenibles. La implementación de una instalación fotovoltaica en el Glamping los Madroñales no solo contribuye a la reducción de la huella de carbono y al ahorro en costes energéticos, sino que también sirve como modelo para otras instalaciones similares. Este Trabajo de Fin de Máster demuestra la viabilidad técnica y económica de la implementación de las energías renovables en el sector turístico, destacando la importancia de continuar optimizando estas tecnologías para un futuro más sostenible.

REFERENCIAS

- [1] M. V. Dambhare, B. Butey, y S. V. Moharil, «Solar photovoltaic technology: A review of different types of solar cells and its future trends», en *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, jun. 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1913/1/012053.
- [2] «Regional Trends». Accedido: 22 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Regional-Trends>
- [3] «REData - Potencia instalada | Red Eléctrica». Accedido: 22 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/potencia-instalada>
- [4] «Solar (photovoltaic) panel prices vs. cumulative capacity». Accedido: 22 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ourworldindata.org/grapher/solar-pv-prices-vs-cumulative-capacity>
- [5] «Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible». Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [6] «I Informe Anual del Autoconsumo Fotovoltaico - APPA Renovables». Accedido: 12 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.appa.es/i-informe-anual-del-autoconsumo-fotovoltaico/>
- [7] «Hoja de Ruta del Autoconsumo». Accedido: 13 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/hoja-ruta-autoconsumo.html>
- [8] «JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission». Accedido: 7 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/
- [9] P. Megantoro, M. A. Syahbani, I. H. Sukmawan, S. D. Perkasa, y P. Vigneshwaran, «Effect of peak sun hour on energy productivity of solar photovoltaic power system», *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 11, n.º 5, pp. 2442-2449, oct. 2022, doi: 10.11591/eei.v11i5.3962.
- [10] «Aire acondicionado Daikin Tres Split 5+5+5 Perfera FTXM-N 3MXM40N». Accedido: 8 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.condizionati.es/tres-split-daikin/1837-daikin-aire-acondicionado-trial-split-555-btu-perfera-ftxm-n-wifi-ctxm15n-ctxm15n-ctxm15n-3mxm40n-5000-5000-5000.html>
- [11] «223642 TV SAMSUNG 32" UE32M5005 FHD». Accedido: 12 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.eldisser.com/producto/pdf/html2/index.php?codproducto=223642#caracteristicas>
- [12] «CCTLS 542WHN | Frigoríficos Comfort | Candy». Accedido: 12 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.candy-home.com/es_ES/frigorificos/34004337/cctls-542whn/
- [13] «Microondas Orbegozo MI 2115». [En línea]. Disponible en: <https://www.orbegozo.com/wp-content/uploads/2019/12/MI-2115.pdf>
- [14] «Dominó vitrocerámico SCHNEIDER SDV30S». [En línea]. Disponible en: https://www.schneiderconsumer.com/app/uploads/sites/4/2022/03/Ficha_SDV30S-1.pdf
- [15] «PRINCIPIO 1 RANURA LARGA BLANCO | Tostadoras | Moulinex». Accedido: 13 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.moulinex.es/p/principio-1-ranura-larga-blanco/7211002508>

- [16] «236612 CAFET. KRUPS KP173BSC DOLCE GUSTO INFINISSIMA GRIS CARACTERÍSTICAS».
- [17] «Secador de pelo manual para uso individual de color blanco». Accedido: 13 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.mediclinics.es/secadores-de-pelo/653-secador-de-pelo-sc0040.html?_gl=1*1bmvhr*_up*MQ..*_ga*NzY2OTQyMzk2LjE3MTgyMTUxNDQ.*_ga_HFR2KXW67F*MTcxODIxNTE0My4xLjAuMTcxODIxNTE0My4wLjAuMA..
- [18] «Lavavajillas eléctrico, 1500 W, acero inoxidable, automático». Accedido: 8 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.kitneed.com/es/products/lavavajillas-el%C3%A9ctrico-1500-w-port%C3%A1til-autom%C3%A1tico-lavavajillas-con-70-grados-de-calor-y-funci%C3%B3n-de-asesinato-40-611-para-dormitorios-y-caravanas>
- [19] R. Granell, C. J. Axon, M. Kolokotroni, y D. C. H. Wallom, «A data-driven approach for electricity load profile prediction of new supermarkets», en *Energy Procedia*, Elsevier Ltd, 2019, pp. 242-250. doi: 10.1016/j.egypro.2019.02.087.
- [20] «Lenovo M93P SFF i5 4570 3.2GHz 16GB DDR3 512 SSD LCD 23"». Accedido: 8 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.info-computer.com/lenovo-m93p-sff-core-i5-4570-32ghz-16-gb-512-ssd-win-10-lcd-23-dp-vga.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwgpCzBhBhEiwAOSQWQcVDOQgJCFZM3RWWt_HmN_WyopYAGkSGRA8x8hqh9D9xzaM1a-RcqmRoCYkAQAvD_BwE
- [21] «BenQ TK800M -Proyector DLP-3840x2160-3000 Lumens- - MaxVisual.es». Accedido: 8 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.maxvisual.es/p/benq-tk800m-proyector-dlp-3840x2160-3000-lumens>
- [22] «Altavoz de gran potencia | Vieta Pro Party 20, 500 W, Bluetooth, Micrófono inalámbrico, 9 hs de autonomía, Karaoke, Negro». Accedido: 8 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.mediamarkt.es/es/product/_altavoz-de-gran-potencia-vieta-pro-party-20-500-w-bluetooth-microfono-9-hs-de-autonomia-negro-1537820.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=rt_shopping_generic_nsp_na_MM-ES-S-G-CAT-PLA-PMAX.PH-RESTO.CATEGORIAS-ALL-ALL&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwgpCzBhBhEiwAOSQWQYmGLpJ9SY52jiDvww6dzbxpBwflT8r6jm_e8r656QK2coP_DDCXPhoCwpEQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds
- [23] «LAVADORAS CENTRIFUGADO ESTÁNDAR BAJA Y MEDIA CAPACIDAD LN-11/14 TP2». [En línea]. Disponible en: https://www.fagorprofessional.com/documents/20127/230177/ES_LN_11_14_18_25_35C_45C_60_TP2.pdf/98d232c2-b34c-07a0-58a3-b73c49b2e626?t=1644831970625
- [24] «SECADORAS DE UN TAMBOR ADVANCE+ SR-11/14 TP2 PLUS». [En línea]. Disponible en: https://www.fagorprofessional.com/documents/20127/230177/ES_LN_11_14_18_25_35C_45C_60_TP2.pdf/98d232c2-b34c-07a0-58a3-b73c49b2e626?t=1644831970625
- [25] «LUMINACIÓN DE INSTALACIONES DEPORTIVAS SOLUCIONES LED PARA CADA APLICACIÓN». [En línea]. Disponible en: [asset-13196908_sports_facility_lighting_application_brochure_2024_es.pdf](https://www.ledvance.es/asset-13196908_sports_facility_lighting_application_brochure_2024_es.pdf) (ledvance.es)
- [26] A. Saari y T. Sekki, «Energy Consumption of a Public Swimming Bath», 2008.
- [27] T. Dobson *et al.*, «Bringing Renewable Energy to Camp Michigania An Assessment and Educational Plan for Implementing Renewable Energy Strategies Photos Courtesy of the Alumni Association», 2013.
- [28] L. Pereira, V. Aguiar, F. Vasconcelos, R. Martins, T. Garcês, y H. Morais, «FIKElectricity: A Electricity Consumption Dataset from Three Restaurant Kitchens in Portugal», *Sci Data*, vol. 10, n.º 1, dic. 2023, doi: 10.1038/s41597-023-02698-8.
- [29] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *ITEC 2016: 2016 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific: (ITEC Asia-pacific): June 1-4, 2016, BEXCO, Busan, Korea.*

- [30] «Food trucks - Finca Santa Rosalía». Accedido: 9 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.fincasantarosalia.com/food-trucks/>
- [31] F. Zuccari, A. Santiangeli, y F. Orecchini, «Energy analysis of swimming pools for sports activities: Cost effective solutions for efficiency improvement», en *Energy Procedia*, Elsevier Ltd, sep. 2017, pp. 123-130. doi: 10.1016/j.egypro.2017.08.131.
- [32] «Plan de negocio - SALÓN DE CELEBRACIONES – Sector de Hostelería, Restauración y Turismo». [En línea]. Disponible en: <https://www.granadaempresas.es/wp-content/uploads/2016/12/salon-de-celebraciones-0.pdf>
- [33] «Secador de manos ultrarapido color plata.» Accedido: 8 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://divalym.com/complementos-bano/268--secamanos-jet-optico-abs-silver-2000w--8436535030243.html>
- [34] «EVANGELIO EVANGELIO SANTOS-04546355Z». [En línea]. Disponible en: www.etinco.es/
- [35] «Most efficient solar panels 2024 — Clean Energy Reviews». Accedido: 26 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/most-efficient-solar-panels>
- [36] N. Ortiz, T. Pérez, O. Castro, y M. Lengua, «Evaluación del desempeño de los modelos de un diodo y dos diodos para módulos fotovoltaicos Performance evaluation of single-diode and two-diode models for photovoltaic modules», [En línea]. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com>
- [37] S. J. Navas, G. M. Cabello González, y F. J. Pino, «Hybrid power-heat microgrid solution using hydrogen as an energy vector for residential houses in Spain. A case study», *Energy Convers Manag*, vol. 263, jul. 2022, doi: 10.1016/j.enconman.2022.115724.
- [38] «IDAE Instituto para la Diversificación». [En línea]. Disponible en: www.idae.es
- [39] «PROYECTO TÉCNICO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 792 kW (839,68 kWp) CONECTADA A LA RED INTERNA DE B.T.». [En línea]. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2020-10/283891%20Gimnesia%20Decathlon%20Alcala%28Proyecto%29.PDF>
- [40] «Precio medio final | Informes del sistema». Accedido: 12 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico/mercados/precio-medio-final>

GLOSARIO

Azimut: Ángulo que con el meridiano forma el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo.

CA: corriente alterna.

CC: corriente continua

HSP: Siglas de Hora Solar Pico. Es la energía por unidad de superficie que se recibiría con una hipotética irradiación solar constante de 1000 W/m². Una hora solar pico equivale a 3,6 MJ/m² o, lo que es lo mismo, 1 kWh/m².

IRENA (International Renewable Energy Agency): Agencia Internacional de las Energías Renovables.

MPPT (Maximum Power Point Tracker): seguidor del punto de máxima potencia, que, unido a un inversor, consigue alcanzar un balance entre el voltaje y la corriente en aquellas placas que trabajan en su máxima potencia.

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): temperatura a la que trabaja una célula en un módulo bajo las Condiciones de Operación Estándar, que son de 20° C de temperatura ambiente, irradiación de 800 W/m² y velocidad media del viento de 1 m/s, con el viento orientado en paralelo al plano de la estructura y todos los lados de la estructura totalmente expuestos al viento.

Potencia Nominal (W_n): potencia que suman todos los inversores instalados.

Potencia Pico (W_p): máxima cantidad de potencia que puede ofrecer un sistema de autoconsumo en sus condiciones óptimas.

PVGIS (Photovoltaic Geographical Information): software gratuito de la comisión europea Joint Research Center, para facilitar el estudio del recurso solar y el potencial fotovoltaico en Europa.

REE (Red Eléctrica de España): Redeia Corporación, S.A., cuyo nombre comercial es Redeia, es un grupo empresarial multinacional de origen español que actúa en el mercado eléctrico internacional como operador del sistema eléctrico.

STC (Standard Test Condition): parámetros estándar usados para medir y comparar el rendimiento de módulos solares, que son de 25° C de temperatura ambiente, irradiación de 1000 W/m² y Masa de Aire (AM), 1.5.

String fotovoltaico: conjunto de paneles solares fotovoltaicos que están conectados en serie.

Anexo A. Evolución de la temperatura en el emplazamiento.

Year	Month	Temp (°C)									
2005	Jan	11,7	2009	Jan	11,9	2013	Jan	13	2017	Jan	11,9
2005	Feb	11,6	2009	Feb	13,1	2013	Feb	12,1	2017	Feb	14,1
2005	Mar	15,1	2009	Mar	15,5	2013	Mar	14,6	2017	Mar	15,2
2005	Apr	17	2009	Apr	15,7	2013	Apr	16,7	2017	Apr	17,8
2005	May	20,2	2009	May	19,5	2013	May	18,5	2017	May	20,6
2005	Jun	24,1	2009	Jun	23,1	2013	Jun	22	2017	Jun	24,7
2005	Jul	24,8	2009	Jul	24,8	2013	Jul	24,8	2017	Jul	25
2005	Aug	25,3	2009	Aug	25,9	2013	Aug	25,9	2017	Aug	26
2005	Sep	23,1	2009	Sep	23,3	2013	Sep	23,7	2017	Sep	23,5
2005	Oct	20	2009	Oct	21,7	2013	Oct	20,8	2017	Oct	22,2
2005	Nov	14,9	2009	Nov	17,1	2013	Nov	15	2017	Nov	16,4
2005	Dec	13,5	2009	Dec	14,7	2013	Dec	13,4	2017	Dec	13
2006	Jan	11,5	2010	Jan	13,1	2014	Jan	13,7	2018	Jan	12,5
2006	Feb	12,5	2010	Feb	14,1	2014	Feb	13,4	2018	Feb	12,2
2006	Mar	14,8	2010	Mar	14,9	2014	Mar	14,8	2018	Mar	14,4
2006	Apr	17,4	2010	Apr	17,8	2014	Apr	17,8	2018	Apr	15,7
2006	May	21	2010	May	19,3	2014	May	20,4	2018	May	18,3
2006	Jun	22,6	2010	Jun	21,4	2014	Jun	21,9	2018	Jun	20,8
2006	Jul	25,8	2010	Jul	25,8	2014	Jul	23,3	2018	Jul	22,9
2006	Aug	25,2	2010	Aug	27	2014	Aug	24,5	2018	Aug	25,9
2006	Sep	23,7	2010	Sep	23,7	2014	Sep	22,6	2018	Sep	24,7
2006	Oct	21,2	2010	Oct	18,9	2014	Oct	21,2	2018	Oct	19,8
2006	Nov	17,3	2010	Nov	15,2	2014	Nov	16,9	2018	Nov	15,8
2006	Dec	12,5	2010	Dec	14,2	2014	Dec	12,3	2018	Dec	13,7
2007	Jan	11,7	2011	Jan	12,7	2015	Jan	11,9	2019	Jan	12,3
2007	Feb	14,4	2011	Feb	13,4	2015	Feb	12,4	2019	Feb	13,7
2007	Mar	14,5	2011	Mar	14,9	2015	Mar	15	2019	Mar	16
2007	Apr	16,4	2011	Apr	18,3	2015	Apr	17,2	2019	Apr	16,4
2007	May	19	2011	May	21,2	2015	May	21,6	2019	May	20,6
2007	Jun	21,6	2011	Jun	24	2015	Jun	23,4	2019	Jun	20,8
2007	Jul	24,8	2011	Jul	24,5	2015	Jul	26,4	2019	Jul	23,3
2007	Aug	23,9	2011	Aug	25,2	2015	Aug	24,7	2019	Aug	24,7
2007	Sep	22,7	2011	Sep	23,7	2015	Sep	22	2019	Sep	23,2
2007	Oct	20,2	2011	Oct	21,6	2015	Oct	20	2019	Oct	19,8
2007	Nov	15,9	2011	Nov	16	2015	Nov	16,6	2019	Nov	15,5

2007	Dec	13,1	2011	Dec	12,9	2015	Dec	15,2	2019	Dec	14,4
2008	Jan	13,7	2012	Jan	12,2	2016	Jan	14,4	2020	Jan	12,7
2008	Feb	15	2012	Feb	11,2	2016	Feb	13,7	2020	Feb	15,5
2008	Mar	15,2	2012	Mar	15,1	2016	Mar	13,8	2020	Mar	15,3
2008	Apr	17,1	2012	Apr	15,1	2016	Apr	16,6	2020	Apr	16,9
2008	May	18,1	2012	May	20,8	2016	May	18,9	2020	May	20,8
2008	Jun	23,1	2012	Jun	23	2016	Jun	22,8	2020	Jun	21,8
2008	Jul	24,5	2012	Jul	24,2	2016	Jul	26,2	2020	Jul	26,1
2008	Aug	24,3	2012	Aug	25,1	2016	Aug	26,6	2020	Aug	24,9
2008	Sep	22	2012	Sep	22,8	2016	Sep	23,9	2020	Sep	23,5
2008	Oct	19	2012	Oct	19,4	2016	Oct	20,5	2020	Oct	19,1
2008	Nov	13,8	2012	Nov	15,9	2016	Nov	15,7	2020	Nov	17,3
2008	Dec	12,3	2012	Dec	13,7	2016	Dec	13,9	2020	Dec	13,5

Tabla 37. Evolución de la temperatura en el emplazamiento

Anexo B. Perfil de consumo horario de mayo (kWh).

Hora	Alojamiento y Parcelas	Supermercado	Tienda	Ocio	Lavandería	Instalaciones Deportivas	Restauración	Zona Histórica	Piscinas	Eventos	Recepción/Oficinas	Infr. Uso Colectivo	Iluminación Exterior	Perfil Horario
0:00	41,3	3,2	0,0	0,0	0,2	32,8	4,7	0,0	2,5	4,2	0,0	0,0	4,8	93,8
1:00	33,0	3,2	0,0	0,0	0,2	32,8	4,7	0,0	2,5	4,2	0,0	0,0	4,8	85,5
2:00	25,6	3,2	0,0	0,0	0,2	32,8	4,4	0,0	2,5	3,9	0,0	0,0	4,8	77,4
3:00	24,8	5,0	0,0	0,0	0,2	32,8	4,1	0,0	2,5	3,6	0,0	0,0	4,8	77,8
4:00	24,0	3,3	0,0	0,0	0,2	32,8	4,5	0,0	18,8	4,0	0,0	0,0	4,8	92,3
5:00	23,1	3,2	0,0	0,0	0,2	32,8	5,2	0,0	18,8	6,8	0,0	0,0	4,8	95,0
6:00	23,1	3,8	0,0	0,0	0,2	32,8	6,0	0,0	18,8	11,0	0,0	0,0	4,8	100,5
7:00	33,0	6,5	0,0	0,0	1,9	77,5	6,5	0,0	18,8	14,2	0,0	0,1	0,9	159,4
8:00	33,0	7,7	0,0	0,0	2,1	77,8	7,3	0,0	18,8	18,1	0,0	4,3	0,0	169,1
9:00	33,9	13,9	0,5	1,2	2,2	85,3	6,4	2,9	2,5	13,1	2,9	4,3	0,0	169,1
10:00	46,2	11,7	0,5	1,2	2,6	85,6	8,6	2,9	2,5	11,7	2,9	4,4	0,0	180,8
11:00	46,2	11,8	0,5	1,4	2,8	83,2	12,3	2,9	2,5	10,7	2,9	4,4	0,0	181,7
12:00	39,6	17,6	0,5	1,4	3,6	81,2	14,4	2,9	18,8	11,0	2,9	4,4	0,0	198,3
13:00	47,1	11,6	0,5	1,2	2,6	80,4	16,6	0,0	18,8	10,3	2,9	4,4	0,0	196,3
14:00	84,2	11,5	0,0	0,4	1,7	77,8	20,4	0,0	18,8	10,9	1,4	4,3	0,0	231,5
15:00	74,3	11,4	0,0	0,4	2,4	76,8	15,6	0,0	18,8	10,4	1,4	4,2	0,0	215,9
16:00	57,8	14,8	0,0	0,4	2,4	78,9	14,5	0,0	2,5	11,9	1,4	4,2	0,0	188,9
17:00	41,3	9,8	0,5	1,2	1,9	83,2	18,9	2,9	2,5	15,6	2,9	4,3	0,0	185,0
18:00	49,6	9,8	0,5	1,4	1,3	88,5	23,0	2,9	2,5	19,2	2,9	4,3	0,0	205,9
19:00	62,8	11,5	0,5	1,4	0,6	89,5	25,8	2,9	2,5	21,7	2,9	4,3	0,0	226,4
20:00	114,0	8,8	0,5	1,4	0,6	90,3	23,8	0,0	2,5	19,9	1,4	4,4	0,0	267,5
21:00	156,9	8,5	0,0	0,4	0,4	94,9	12,2	0,0	2,5	9,6	0,0	4,3	2,8	292,5
22:00	122,2	6,5	0,0	0,4	0,2	45,0	5,3	0,0	2,5	4,7	0,0	4,2	4,8	195,8
23:00	62,8	3,5	0,0	0,0	0,2	40,3	4,7	0,0	2,5	4,2	0,0	0,0	4,8	123,0

Tabla 38. Perfil de consumo horario de mayo (kWh)

Anexo C. Perfil de consumo horario de agosto (kWh).

Hora	Alojamiento y Parcelas	Supermercado	Tienda	Ocio	Lavandería	Instalaciones Deportivas	Restauración	Zona Histórica	Piscinas	Eventos	Recepción/Oficinas	Infr. Uso Colectivo	Iluminación Exterior	Perfil Horario
0:00	179,4	4,3	0,0	0,0	0,4	22,7	9,7	0,0	5,8	4,2	0,0	0,0	4,7	231,2
1:00	143,5	4,3	0,0	0,0	0,4	22,7	9,6	0,0	5,8	4,2	0,0	0,0	4,7	195,2
2:00	111,2	4,3	0,0	0,0	0,4	22,7	9,0	0,0	5,8	3,9	0,0	0,0	4,7	162,0
3:00	107,6	6,6	0,0	0,0	0,4	22,7	8,3	0,0	5,8	3,6	0,0	0,0	4,7	159,8
4:00	104,1	4,4	0,0	0,0	0,4	22,7	9,1	0,0	43,2	4,0	0,0	0,0	4,7	192,6
5:00	100,5	4,3	0,0	0,0	0,4	22,7	10,6	0,0	43,2	6,8	0,0	0,0	4,7	193,2
6:00	100,5	5,0	0,0	0,0	0,4	22,7	12,2	0,0	43,2	11,0	0,0	0,0	4,7	199,7
7:00	143,5	8,7	0,0	0,0	3,8	57,4	13,4	0,0	43,2	14,2	0,0	0,2	3,5	287,8
8:00	143,5	10,2	0,0	0,0	4,2	57,7	14,8	0,0	43,2	18,1	0,0	7,8	0,0	299,6
9:00	147,1	18,5	2,0	5,7	4,6	65,1	13,0	2,9	5,8	13,1	5,5	7,9	0,0	291,0
10:00	200,9	15,5	2,0	5,7	5,3	65,4	17,5	2,9	5,8	11,7	5,5	8,0	0,0	346,3
11:00	200,9	15,7	2,0	6,7	5,7	63,0	25,2	2,9	5,8	10,7	5,5	8,0	0,0	352,1
12:00	172,2	23,4	2,0	6,7	7,3	61,0	29,4	2,9	43,2	11,0	5,5	8,0	0,0	372,6
13:00	204,5	15,4	2,0	5,7	5,3	60,2	33,8	0,0	43,2	10,3	5,5	8,0	0,0	393,9
14:00	366,0	15,3	0,0	1,9	3,4	57,7	41,7	0,0	43,2	10,9	2,9	7,9	0,0	550,8
15:00	322,9	15,2	0,0	1,9	5,0	56,7	31,8	0,0	43,2	10,4	2,9	7,7	0,0	497,6
16:00	251,2	19,7	0,0	1,9	5,0	58,8	29,7	0,0	5,8	11,9	2,9	7,6	0,0	394,3
17:00	179,4	13,0	2,0	5,7	3,8	63,0	38,7	2,9	5,8	15,6	5,5	7,8	0,0	343,2
18:00	215,3	13,0	2,0	6,7	2,7	68,3	46,9	2,9	5,8	19,2	5,5	7,8	0,0	396,1
19:00	272,7	15,3	2,0	6,7	1,1	69,3	52,6	2,9	5,8	21,7	5,5	7,9	0,0	463,5
20:00	495,2	11,7	2,0	6,7	1,1	70,9	48,5	0,0	5,8	19,9	2,9	8,0	0,0	672,7
21:00	681,8	11,3	0,0	1,9	0,8	74,7	24,9	0,0	5,8	9,6	0,0	7,8	3,2	821,6
22:00	531,1	8,7	0,0	1,9	0,4	34,9	10,8	0,0	5,8	4,7	0,0	7,7	4,7	610,4
23:00	272,7	4,7	0,0	0,0	0,4	30,1	9,7	0,0	5,8	4,2	0,0	0,1	4,7	332,3

Tabla 39. Perfil de consumo horario de agosto (kWh)

Anexo D. Datasheet del módulo fotovoltaico.

AIKO 

Neostar 1S

ABC N-Type

Mono-Glass Model

Up to **23.0%**
430W-450W



Product
Warranty



Performance
Warranty



reddot winner 2023

Full Black Design

No front grid lines

Higher Power Output

Higher efficiency: 23.0%

Lower degradation: 1st year < 1.0%, Linear Degradation < 0.35%

Better temperature coefficient: -0.26%/°C

Optimized Balance of System (BOS)

Significant savings on mounting structure, cabling, and labour cost



Complete Set of Quality Management System

IEC 61750 (2016) IEC 61215 (2021)

ISO 9001:2015 Quality Management System

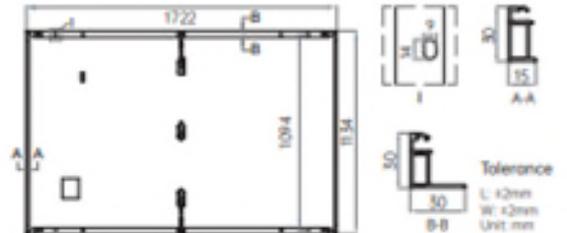
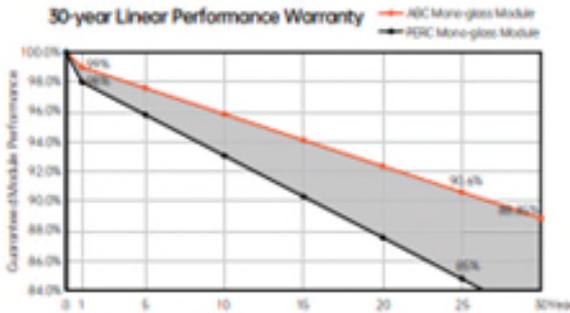
ISO 14001:2015 Environmental Management System

ISO 45001:2018 Occupational Safety and Management System

Neostar 1S

AIKO-A-MAH54Mb

450W
Output
23.0%
Efficiency
≤1%
First-year Degradation
≤0.35%
Annual Degradation from Year 2-30



Electrical Characteristics (STC: AM1.5 1000W/m ² 25°C NOCT: AM1.5 800W/m ² 20°C Im/s)										Power Tolerance 0- +3%		
Model	AIKO-A430-MAH54Mb		AIKO-A435-MAH54Mb		AIKO-A440-MAH54Mb		AIKO-A445-MAH54Mb		AIKO-A450-MAH54Mb			
Test Conditions	STC	NOCT										
P _{max} [W]	430	324	435	327	440	331	445	335	450	339		
V _{oc} [V]	40.29	58.05	40.39	58.14	40.49	58.24	40.59	58.33	40.69	58.43		
V _{mp} [V]	33.30	31.45	33.40	31.55	33.50	31.64	33.60	31.73	33.70	31.83		
I _{sc} [A]	13.69	11.07	13.80	11.16	13.91	11.25	14.02	11.33	14.12	11.42		
I _{mp} [A]	12.92	10.31	13.03	10.40	13.14	10.49	13.25	10.57	13.36	10.66		
Module Efficiency	22.0%		22.3%		22.5%		22.8%		23.0%			

Mechanical Specification	
Cell Type	N-Type ABC
Front Cover Mono glass	3.2 mm tempered glass
Frame	Black anodized aluminum
Cable	4mm ² (IEC) 12AWG(UL) 1200mm
No. of Cells	108(6*18)
Junction Box	IP68,3 bypass diodes
Connector	MC4-Evo2
Weight	20.5kg
Dimension	1722*1134*30mm
Package Detail	36pcs per pallet / 216pcs per 20'GP / 936pcs per 40'HC

Temperature Ratings (STC)	
Temperature Coefficient of I _{sc}	- 0.05%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	- 0.22%/°C
Temperature Coefficient of P _{max}	- 0.26%/°C

Installation Guide	
Operation Temperature	-40°C - +85°C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Protection Class	Class II
V _{oc} and I _{sc} Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V
Maximum Static Loading	Front 5400Pa Back 2400Pa
Hail Test	25 mm diameter hail at 23 m/s
Fire Rating	IEC Class C



www.aikosolar.com
marketing@aikosolar.com

*AIKO Energy reserves right to update the specification without notice
AEB45-DN-V5.4

Anexo E. Datasheet del inversor.

SUN2000-30/36/40KTL-M3 Smart PV Controller



Smart

8 strings intelligent monitoring



Efficient

Max. efficiency 98.7%



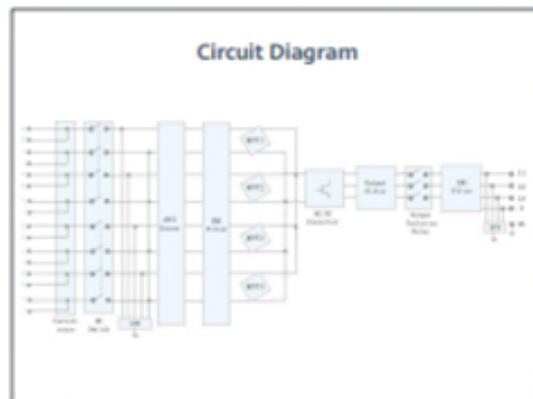
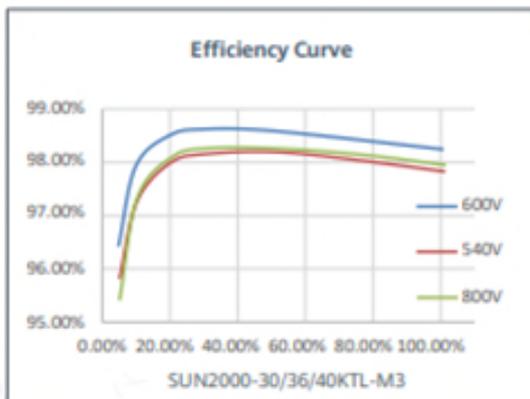
Safe

Fuse free design



Reliable

Type II surge arresters for DC & AC



SUN2000-30/36/40KTL-M3
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000-30KTL-M3	SUN2000-36KTL-M3	SUN2000-40KTL-M3
Efficiency			
Max. Efficiency	98.7%		
European Efficiency	98.4%		
Input			
Max. Input Voltage ¹	1,100 V		
Max. Current per MPPT	27 A (per MPPT) / 20 A (per Input)		
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A		
Start Voltage	200 V		
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1000 V		
Rated Input Voltage	600 V		
Number of Inputs	8		
Number of MPP Trackers	4		
Output			
Rated AC Active Power	30,000 W	36,000 W	40,000 W
Max. AC Apparent Power	33,000 VA ³	40,000 VA	44,000 VA
Rated Output Voltage	230 Vac / 400 Vac / 480 Vac, 3W/N+PE		
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz		
Rated Output Current	43.3 A	52.0 A	57.8 A
Max. Output Current	47.9 A	58.0 A	63.8 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD		
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%		
Protection			
Input-side Disconnection Device	Yes		
Anti-islanding Protection	Yes		
AC Overcurrent Protection	Yes		
DC Reverse-polarity Protection	Yes		
PV-array String Fault Monitoring	Yes		
DC Surge Arrester	Yes		
AC Surge Arrester	Yes		
DC Insulation Resistance Detection	Yes		
Residual Current Monitoring Unit	Yes		
Arc Fault Protection	Yes		
Ripple Receiver Control	Yes		
Integrated PID Recovery ³	Yes		
Communication			
Display	LED Indicators, Integrated WLAN + FusionSolar APP		
RS485	Yes		
Smart Dongle	WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)		
General Data			
Dimensions (W x H x D)	640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch)		
Weight (with mounting plate)	43 kg (94.8 lb)		
Operating Temperature Range	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)		
Cooling Method	Natural Convection		
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)		
Relative Humidity	0% RH ~ 100% RH		
DC Connector	Amphenol Helios H4		
AC Connector	Waterproof Connector + OT/OT Terminal		
Protection Degree	IP 66		
Topology	Transformerless		
Nighttime Power Consumption	≤ 5.5W		
Optimizer Compatibility			
DC MBUS Compatible Optimizer	SUN2000-450W-P2, SUN2000-600W-P, MERC-1100W/1300W-P		
Standard Compliance (more available upon request)			
Safety	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683		
Grid Connection Standards	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, AS/NZS 4777.2, DEWA		

1. The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
 2. Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.
 3. SUN2000-30-40KTL-M3 can prevent between PV+ and ground to allow zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include P-type (mono, poly)

Anexo F. Producción horaria mensual de la instalación fotovoltaica.

Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6:00:00	0,0	0,0	0,0	4,2	20,7	27,5	19,1	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0
7:00:00	0,0	0,0	15,8	52,9	80,8	89,0	80,6	62,0	42,4	20,1	0,8	0,0
8:00:00	22,0	43,7	80,5	121,8	155,0	161,2	154,6	137,4	114,4	86,4	53,3	27,4
9:00:00	87,2	112,5	149,4	192,3	225,9	229,3	226,2	210,6	184,8	150,7	112,8	89,7
10:00:00	147,1	174,0	210,4	255,8	281,9	289,3	291,2	276,0	247,4	212,2	169,7	144,1
11:00:00	186,5	220,6	260,6	302,2	327,6	335,4	339,9	324,2	288,5	251,3	204,9	186,0
12:00:00	215,4	243,0	275,3	319,3	352,6	361,7	368,1	352,3	316,3	265,0	221,0	202,4
13:00:00	210,7	254,2	285,6	325,0	351,1	363,5	371,7	357,0	314,7	263,4	214,1	198,1
14:00:00	195,4	234,4	270,9	298,0	326,2	338,6	353,1	332,9	284,2	230,0	182,2	169,2
15:00:00	151,7	192,8	228,0	258,3	282,1	297,0	309,6	285,0	244,1	182,7	138,9	131,6
16:00:00	99,9	132,9	167,1	197,4	215,3	234,6	247,0	222,6	177,3	117,6	77,5	70,9
17:00:00	19,9	64,4	92,5	121,1	141,0	161,1	169,6	145,0	97,2	39,8	1,6	0,1
18:00:00	0,0	0,1	15,9	43,7	64,4	83,4	89,4	63,6	17,4	0,0	0,0	0,0
19:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	16,5	17,3	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
20:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	1335,9	1672,7	2051,9	2492,1	2828,4	2988,2	3037,3	2778,2	2328,5	1819,3	1376,8	1219,6

Tabla 40. Producción horaria de la instalación fotovoltaica (kWh)

Anexo G. Necesidad de suministro horario mensual de la instalación fotovoltaica.

Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0:00:00	105,0	107,0	100,8	99,4	93,8	169,7	224,5	231,2	121,7	97,0	101,4	104,0
1:00:00	92,0	93,7	91,9	90,6	85,5	154,7	189,6	195,2	102,7	88,5	92,4	91,1
2:00:00	79,8	81,2	83,3	82,1	77,4	140,1	157,3	162,0	85,3	80,1	83,7	79,0
3:00:00	79,4	80,9	83,6	82,4	77,8	140,7	155,2	159,8	84,1	80,5	84,1	78,6
4:00:00	95,0	96,7	99,2	97,8	92,3	167,0	187,0	192,6	101,4	95,5	99,8	94,0
5:00:00	96,5	98,3	102,1	100,6	95,0	171,9	187,7	193,2	101,7	98,3	102,7	95,6
6:00:00	101,0	102,8	108,0	102,2	79,8	154,3	174,8	192,0	105,1	104,0	108,6	100,0
7:00:00	153,2	156,0	155,5	116,0	78,6	199,5	199,0	225,8	109,1	144,8	171,5	151,7
8:00:00	139,2	120,4	101,3	57,4	14,1	144,8	136,3	162,2	43,3	88,6	129,6	132,2
9:00:00	71,9	49,4	32,4	0,0	0,0	76,6	56,4	80,4	0,0	24,3	70,0	67,8
10:00:00	31,5	7,8	0,0	0,0	0,0	37,9	45,1	70,3	0,0	0,0	25,8	32,7
11:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0
12:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0
13:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14:00:00	59,2	24,8	0,0	0,0	0,0	80,3	181,9	217,9	5,7	9,6	68,0	82,8
15:00:00	81,8	44,9	4,0	0,0	0,0	93,6	173,8	212,7	17,8	40,7	94,5	99,5
16:00:00	94,6	65,1	36,0	2,8	0,0	107,3	136,1	171,7	30,3	77,9	126,7	121,6
17:00:00	160,2	118,9	106,4	74,9	44,0	173,7	163,7	198,2	83,4	151,6	198,5	178,2
18:00:00	203,8	207,4	205,5	174,5	141,5	289,2	295,4	332,5	191,1	213,1	222,6	201,8
19:00:00	230,8	235,0	243,4	239,8	222,5	393,2	432,9	461,6	243,9	234,3	244,7	228,5
20:00:00	302,8	308,3	287,6	283,4	267,5	484,0	653,3	672,7	354,0	276,8	289,2	299,8
21:00:00	351,9	358,3	314,4	309,9	292,5	529,3	798,0	821,6	432,4	302,7	316,2	348,4
22:00:00	250,1	254,7	210,5	207,5	195,8	354,3	592,9	610,4	321,3	202,7	211,7	247,6
23:00:00	144,8	147,4	132,2	130,3	123,0	222,6	322,8	332,3	174,9	127,3	133,0	143,4
Total	2924,5	2759,2	2498,2	2251,5	1981,1	4284,9	5476,7	5981,3	2709,1	2538,4	2974,6	2978,3

Tabla 41. Necesidad de suministro horario de la instalación fotovoltaica (kWh)

Anexo H. Excedentes horarios de la instalación fotovoltaica.

Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9:00:00	0,0	0,0	0,0	13,2	56,8	0,0	0,0	0,0	31,6	0,0	0,0	0,0
10:00:00	0,0	0,0	16,0	64,3	101,0	0,0	0,0	0,0	65,1	25,1	0,0	0,0
11:00:00	6,1	36,8	65,3	109,7	145,9	6,6	0,0	0,0	103,2	63,3	8,5	7,4
12:00:00	21,3	45,4	62,1	109,2	154,3	2,8	6,3	0,0	120,2	59,8	6,6	10,1
13:00:00	12,5	52,4	74,5	117,0	154,8	8,3	0,0	0,0	107,3	60,2	1,9	1,8
14:00:00	0,0	0,0	22,0	52,8	94,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15:00:00	0,0	0,0	0,0	29,6	66,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	39,9	134,6	240,0	495,7	800,1	17,8	6,3	0,0	427,5	208,4	16,9	19,3

Tabla 42. Excedentes horarios de la instalación fotovoltaica (kWh)

Anexo I. Producción horaria mensual de la instalación fotovoltaica con una inclinación de 30°.

Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6:00:00	0,0	0,0	0,0	3,8	15,8	19,7	15,6	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0
7:00:00	0,0	0,0	9,6	28,4	42,2	42,6	34,9	28,5	24,7	15,1	0,8	0,0
8:00:00	26,5	41,1	65,9	92,6	110,3	109,8	103,6	98,0	92,7	80,3	57,1	34,0
9:00:00	98,7	113,7	136,2	163,9	182,3	179,0	176,3	173,1	165,7	148,8	122,5	104,3
10:00:00	166,4	181,6	202,2	231,6	243,5	243,4	245,9	243,6	234,0	217,4	187,5	167,0
11:00:00	213,2	235,2	259,1	284,4	295,6	295,5	301,4	299,3	282,5	263,9	230,1	217,5
12:00:00	250,7	265,2	280,7	309,2	328,0	329,1	337,5	335,6	318,6	285,3	253,3	240,0
13:00:00	250,9	284,3	298,5	322,0	334,0	338,4	349,0	348,5	324,6	290,9	251,5	241,1
14:00:00	240,5	269,3	290,4	301,0	315,4	320,3	337,5	331,5	300,1	261,1	222,0	213,7
15:00:00	197,2	230,4	251,1	266,2	276,2	283,9	299,6	288,6	265,0	216,0	178,9	178,2
16:00:00	143,7	168,2	190,8	207,5	212,2	224,9	240,5	229,0	199,1	148,0	111,8	108,8
17:00:00	34,9	92,8	111,9	130,3	138,7	152,9	164,5	151,1	114,6	56,8	2,4	0,1
18:00:00	0,0	0,1	21,8	48,8	61,7	75,9	84,0	66,8	21,9	0,0	0,0	0,0
19:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	12,3	13,6	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
20:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23:00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	1622,8	1881,8	2118,3	2389,8	2559,0	2627,5	2704,0	2602,0	2343,6	1983,5	1617,9	1504,7

Tabla 43. Producción horaria de la instalación fotovoltaica con una inclinación de 30° (kWh)