

Trabajo Fin de Grado

Cálculo y redacción del apartado eléctrico del proyecto de ejecución de una planta fotovoltaica de 820kWp de autoconsumo sin excedente

Autor: Emilia García Rosales de Salamanca

Tutor: Pedro Javier Zarco Perrián

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

Sevilla, 2024



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Trabajo Fin de Grado

Autor:

Emilia García Rosales de Salamanca

Tutor:

Pedro Javier Zarco Perriñán

Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024

Trabajo Fin de Grado

Autor: Emilia García Rosales de Salamanca

Tutor: Pedro Javier Zarco Perriñán

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 todos los que me han
acompañado en esta etapa*

Agradecimientos

A mis padres, por creer siempre en mí, por acompañarme en los logros y motivarme para seguir en las dificultades. A mi hermano, que es para mí un referente de constancia y perseverancia y quien siempre está dispuesto a ayudarme. A Jose, que me acompaña día a día y me apoya incondicionalmente.

A mis abuelos, que siempre han estado pendientes de mis exámenes, quienes me han cuidado y animado y a quienes admiro de corazón. En especial a abuelo Rafa, que estará emocionado de ver a su nieta terminar la carrera de ingeniería.

Y por último y más importante, gracias a Dios, por todo lo bueno que me ha dado haciéndome sentir la más afortunada.

Resumen

En este proyecto se trata una tecnología actualmente en expansión como es la generación de electricidad a partir de la energía solar fotovoltaica para autoconsumo. En él, se detallan el diseño y dimensionamiento de módulos fotovoltaicos en tres ubicaciones diferentes: en seguidores solares, sobre marquesinas de aparcamiento a dos aguas y sobre pérgola.

Además, se lleva a cabo el dimensionamiento del cableado de la instalación que se ha realizado teniendo en cuenta tanto el criterio de máxima caída de tensión como el criterio térmico.

Se utilizará el software PVSYST para realizar simulaciones de la instalación. Para finalizar el proyecto se han realizado estudios de impacto ambiental y de seguridad y salud.

Abstract

This project deals with a technology that is currently expanding, such as the generation of electricity from photovoltaic solar energy for self-consumption. It details the design and sizing of photovoltaic modules in three different locations: on solar trackers, on gable parking canopies and on pergola.

In addition, the sizing of the instalación wiring is carried out, taking into account both the maximum voltaje drop criterion and the termal criterion.

The PVSYST software will be used to perform simulations of the installation. To finalize the project, environmental impact and health and safety studies have been carries out.

Índice

Agradecimientos.....	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice.....	xiv
Índice de Tablas.....	xvi
Índice de Figuras.....	xviii
Notación	xx
1 Introducción.....	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Objeto del Proyecto.....	2
1.3 Alcance del proyecto	2
2 Normativa de aplicación	5
3 Situación y emplazamiento.....	9
3.1 Superficie y ocupación prevista	11
4 Descripción general de la instalación.....	13
4.1 Características	13
4.2 Implantación.....	13
4.3 Configuración.....	14
4.4 Módulos fotovoltaicos.....	15
4.5 Cuadro de derivaciones (junction box).....	18
4.6 Cuadro de agrupamiento de módulos FV.....	19
4.7 Inversores.....	19
4.8 Estructura.....	21
4.9 Orientación, inclinación y sombras	22
4.10 Sistema de monitorización y antivertido	23
4.11 Protecciones eléctricas.....	23
5 Criterios aplicados y bases de cálculo.....	25
5.1 Simulación con PVSYSY.....	25
5.2 Distancia mínima entre módulos y número máximo de módulos por string (en serie)	38
5.3 Distancia mínima entre módulos y número máximo de módulos por string (en serie)	39
5.4 Secciones del cableado de la instalación	40
5.5 Canalizaciones de la instalación	49
6 Impacto ambiental	51
7 Estudio de Seguridad y Salud	53
7.1 Riesgos Laborales	53

7.2	<i>Medidas de prevención</i>	54
7.3	<i>Primeros auxilios</i>	55
8	Mediciones y presupuesto	57
9	Esquemas unifilares	61
10	Conclusiones	65
11	Bibliografía	67

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Implantación y potencia de los módulos fotovoltaicos</i>	13
<i>Tabla 2: Distribución y organización de los generadores</i>	14
<i>Tabla 3: Tabla resumen</i>	15
<i>Tabla 4: Características principales de los módulos</i>	16
<i>Tabla 5: Características de los inversores</i>	19
<i>Tabla 6: Características estructura marquesina</i>	21
<i>Tabla 7: Características seguidor solar</i>	21
<i>Tabla 8: Orientación e inclinación módulos fotovoltaicos</i>	22
<i>Tabla 9: Pérdidas límite</i>	22
<i>Tabla 10: Cálculo caídas de tensión Inversor 1/ Inversor 2</i>	42
<i>Tabla 11: Cálculo caídas de tensión Inversor 3</i>	43
<i>Tabla 12: Cálculo caídas de tensión Inversor 4</i>	44
<i>Tabla 13: Cálculo caídas de tensión Inversor 5</i>	45
<i>Tabla 14: Cálculo de caídas de tensión Inversor 6</i>	46
<i>Tabla 15: Cálculo de caídas de tensión Inversor 7</i>	47
<i>Tabla 16: Cálculo de caídas de tensión Inversor 8</i>	48
<i>Tabla 17: Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas</i>	49
<i>Tabla 18: Diámetros exteriores mínimos de tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir</i>	49
<i>Tabla 19: Diámetro exterior de tubo resultante de proyecto</i>	50
<i>Tabla 20: Probabilidad de riesgos laborales</i>	53
<i>Tabla 21: Mediciones y presupuesto del proyecto</i>	59

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Instalación solar fotovoltaica</i>	2
<i>Figura 2: Ubicación en el territorio nacional</i>	9
<i>Figura 3: Emplazamiento de la instalación fotovoltaica</i>	10
<i>Figura 4: Distribución módulos fotovoltaicos</i>	10
<i>Figura 5: Tipos de módulos fotovoltaicos [4]</i>	16
<i>Figura 6: Tipo y marca de módulos fotovoltaicos seleccionados</i>	17
<i>Figura 7: Prensaestopas, arandela y tuerca [5]</i>	18
<i>Figura 8: Inversor seleccionado para la instalación</i>	20
<i>Figura 9: Componentes generales de una instalación de generación en BT</i>	20
r! Marcador no definido.	¡Error
<i>Figura 10: Resumen de situación del proyecto en PVSYST</i>	25
<i>Figura 11: Resumen de la orientación de los módulos fotovoltaicos de las marquesinas</i>	25
<i>Figura 12: Resumen de la orientación de los módulos fotovoltaicos de la pérgola</i>	26
<i>Figura 13: Resumen de la orientación de los módulos fotovoltaicos de los seguidores solares</i>	26
<i>Figura 14: Resumen de los módulos fotovoltaicos y el inversor del parking</i>	27
<i>Figura 15: Resumen de los módulos fotovoltaicos y el inversor de la pérgola</i>	27
<i>Figura 16: Resumen de los módulos fotovoltaicos y los inversores 4 y 5 de los seguidores solares</i>	28
<i>Figura 17: Resumen de los módulos fotovoltaicos y los inversores 6, 7 y 8 de los seguidores solares</i>	28
<i>Figura 18: Resumen de las pérdidas de los módulos de las tres marquesinas</i>	29
<i>Figura 19: Resumen de las pérdidas de los módulos de la pérgola</i>	29
<i>Figura 20: Resumen de las pérdidas de los módulos de los seguidores solares</i>	30
<i>Figura 21: Resumen del horizonte de sombras para los módulos de las marquesinas</i>	31
<i>Figura 22: Resumen del horizonte de sombras para los módulos de la pérgola</i>	32
<i>Figura 23: Resumen del horizonte de sombras para los módulos de los seguidores solares</i>	32
<i>Figura 24: Resumen de los balances de energía de los módulos de las marquesinas</i>	33
<i>Figura 25: Resumen de los balances de energía de los módulos de la pérgola</i>	34
<i>Figura 26: Resumen de los balances de energía de los módulos de los seguidores solares</i>	35
<i>Figura 27: Esquema de pérdidas de los módulos de las marquesinas</i>	36
<i>Figura 28: Esquema de pérdidas de los módulos de la pérgola</i>	37
<i>Figura 29: Esquema de pérdidas de los módulos de los seguidores solares</i>	37
<i>Figura 30: Inclinación de los paneles solares</i>	38
<i>Figura 31. Número de conductores de cables tipo AFIRENAS del catálogo Miguélez</i>	41
<i>Figura 32: Esquema unifilar inversores 1 y 2</i>	61

Figura 33: Esquema unifilar inversor 3

62

Figura 34: Esquema unifilar inversores 4, 5, 6, 7 y 8

63

Notación

p.ej.	Por ejemplo
A^*	Conjugado
c.t.p.	En casi todos los puntos
c.q.d.	Como queríamos demostrar
■	Como queríamos demostrar
e.o.c.	En cualquier otro caso
e	número e
Re	Parte real
Im	Parte imaginaria
sen	Función seno
tg	Función tangente
arctg	Función arco tangente
sen	Función seno
$\sin^x y$	Función seno de x elevado a y
$\cos^x y$	Función coseno de x elevado a y
Sa	Función sampling
sgn	Función signo
rect	Función rectángulo
Sinc	Función sinc
$\partial y \partial x$	Derivada parcial de y respecto
x°	Notación de grado, x grados.
$\Pr(A)$	Probabilidad del suceso A
SNR	Signal-to-noise ratio
MSE	Minimum square error
:	Tal que
<	Menor o igual
>	Mayor o igual
\	Backslash
\Leftrightarrow	Si y sólo si

1 INTRODUCCIÓN

En este proyecto se describe la instalación fotovoltaica para autoconsumo que se instalará junto a la fábrica de Air Liquide en Huelva, con el objetivo de reducir considerablemente el gasto energético que supone este tipo de instalación.

Con esto se pretende disminuir el consumo eléctrico, y por tanto la factura. Además, al realizar el proyecto, se obtienen indirectamente diversos beneficios como pueden ser:

- A nivel individual, al adoptar sistemas fotovoltaicos de autoconsumo, se reduce la dependencia de combustibles fósiles y se promueve el uso de energía más limpia.
- Un aumento de la inversión podría estimular la innovación tecnológica, permitiendo desarrollar tecnologías aún más eficientes en el futuro.
- En términos económicos, la instalación de sistemas fotovoltaicos de autoconsumo genera de manera indirecta la creación de puestos de trabajo en el sector de las energías renovables, lo que puede impulsar mayores inversiones en esta área.
- Desde la perspectiva medioambiental, la implementación de estos sistemas contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual es crucial para mitigar el cambio climático.

El autoconsumo mediante instalaciones solares fotovoltaicas está regulado a través del **Real Decreto 900/2015**, de 9 de octubre y **Real Decreto-Ley 15/2018 del 5 de octubre**, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

En un autoconsumo con energía solar fotovoltaica, la electricidad producida por los módulos fotovoltaicos es consumida en el interior de la edificación o industria. En ningún momento se desconecta de la red de distribución eléctrica, por lo que en los momentos en que la energía auto producida sea insuficiente para mantener todos los consumos, se utilizará la red eléctrica convencional.

Ambas fuentes de suministro pueden trabajar simultáneamente, de tal forma que el usuario no distinguirá cuando está consumiendo de cada fuente de suministro salvo que se consulte los programas de monitorización.

A continuación, en la *Figura 1* se muestra el esquema de una instalación solar fotovoltaica tipo:

1. Paneles solares: transforman la luz del sol en electricidad.
2. Inversor: equipo que adapta la energía eléctrica generada para poder ser consumida en la planta.
3. Contador de energía: mide la electricidad generada por la instalación solar.
4. Cuadro eléctrico: la electricidad se transfiere del inversor al consumo a través del cuadro eléctrico.
5. Conexión a red: punto de interconexión con la red de distribución general.
6. Sistema de monitorización: medición remota de los parámetros del sistema y la electricidad producida, y que permite verificar que el Sistema funciona correctamente.
7. Servicio permanente de operación y mantenimiento.

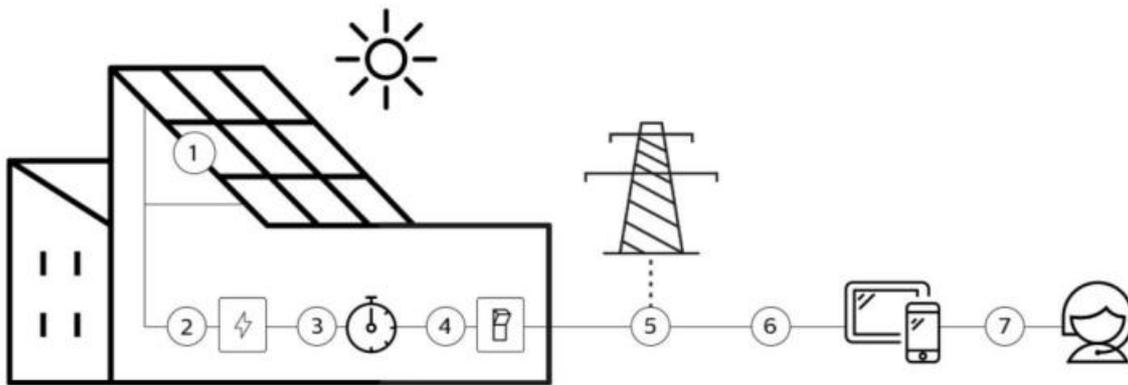


Figura 1: Instalación solar fotovoltaica

1.1 Antecedentes

Teniendo en cuenta la tendencia ascendente de emisiones de CO₂ a la atmósfera que provienen de procesos de combustión convencionales, se pretende realizar una transición energética favorable al medio ambiente, destacando mayoritariamente el uso de energías renovables.

La energía solar es uno de los principales tipos de energía renovable y tiene un papel clave en la transición energética, lo que ayuda a impulsar economías más limpias que protejan el medio ambiente. Los avances tecnológicos han transformado la energía solar en una de las más eficientes y económicas del sector de las renovables.

1.2 Objeto del Proyecto

El objeto del presente proyecto es describir y justificar el sistema fotovoltaico de autoconsumo sin excedentes de 820 kWp para suministrar los consumos de una planta situada en la Avenida Francisco Montenegro, en Huelva.

La Legalización y realización de la planta fotovoltaica de autoconsumo estará basada en el Real Decreto 900/2015, de 10 de octubre de 2015 y Real Decreto-Ley 15/2018 del 5 de octubre.

El modelo energético basado en la energía solar como fuente de energía renovable permitirá un grado importante de autoconsumo energético, reduciendo de esta forma la facturación eléctrica anual de la fábrica y consiguiendo asimismo un considerable ahorro energético al usar el sol como fuente de energía.

1.3 Alcance del proyecto

El presente proyecto abarca el diseño y dimensionamiento de los equipos propios de una instalación fotovoltaica.

Los requisitos generales del cliente para la ejecución del proyecto son los siguientes:

- Diseñar y dimensionar una instalación fotovoltaica de 820 kWp.
- Instalación de módulos fotovoltaicos sobre tres marquesinas de aparcamiento tipo Y, de dimensiones 40x11 m y una marquesina tipo pérgola de 51x5,5 m
- El resto de potencia será suministrada por una instalación fotovoltaica sobre seguidores solares en la explanada habilitada a continuación de los aparcamientos.

Se parte de la realización previa de la obra civil del aparcamiento del edificio de oficinas para la instalación de los módulos sobre las marquesinas y la pérgola. La obra civil tanto de pérgolas, viario y acondicionamiento del terreno quedan fuera del alcance de este proyecto.

Tanto el destinatario de la planta como la ubicación y los datos incluidos en el proyecto no son reales, sino ficticios, con un fin meramente académico.

2 NORMATIVA DE APLICACIÓN

A continuación, se nombran los principales Reales Decretos y Leyes que se aplican al proyecto técnico.

Normativa consolidada

LEGISLACIÓN ELÉCTRICA APLICABLE:

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto. 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

LEGISLACIÓN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES APLICABLE:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
 - Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
 - Real Decreto 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual
 - Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
 - Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
 - Real Decreto 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
 - Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
 - Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
 - Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
 - Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
 - Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
 - Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura
 - Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
 - Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
 - Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
 - Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- ➔ DB SE (Seguridad Estructural)
 - DB-SE AE: Acciones en la edificación
 - DB-SE C: Cimientos
 - DB-SE A: Acero
 - DB-SE F: Fábrica
 - DB-SE M: Madera
 - ➔ DB SI (Seguridad en caso de Incendio)
 - ➔ DB SUA (Seguridad de utilización y accesibilidad)
 - ➔ DB HS (Salubridad)
 - ➔ DB HR (Protección frente al ruido)

➔ DB HE (Ahorro de Energía)

- Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales.
- Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL APLICABLE:

- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 14/2014, de 26 de diciembre, de Armonización y Simplificación en materia de Protección del Territorio y de los Recursos Naturales.

3 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

Este proyecto se situará en Huelva, en la *Figura 2* se observa la ubicación en el territorio nacional y en la *Figura 3*, el emplazamiento.



Figura 2: Ubicación en el territorio nacional

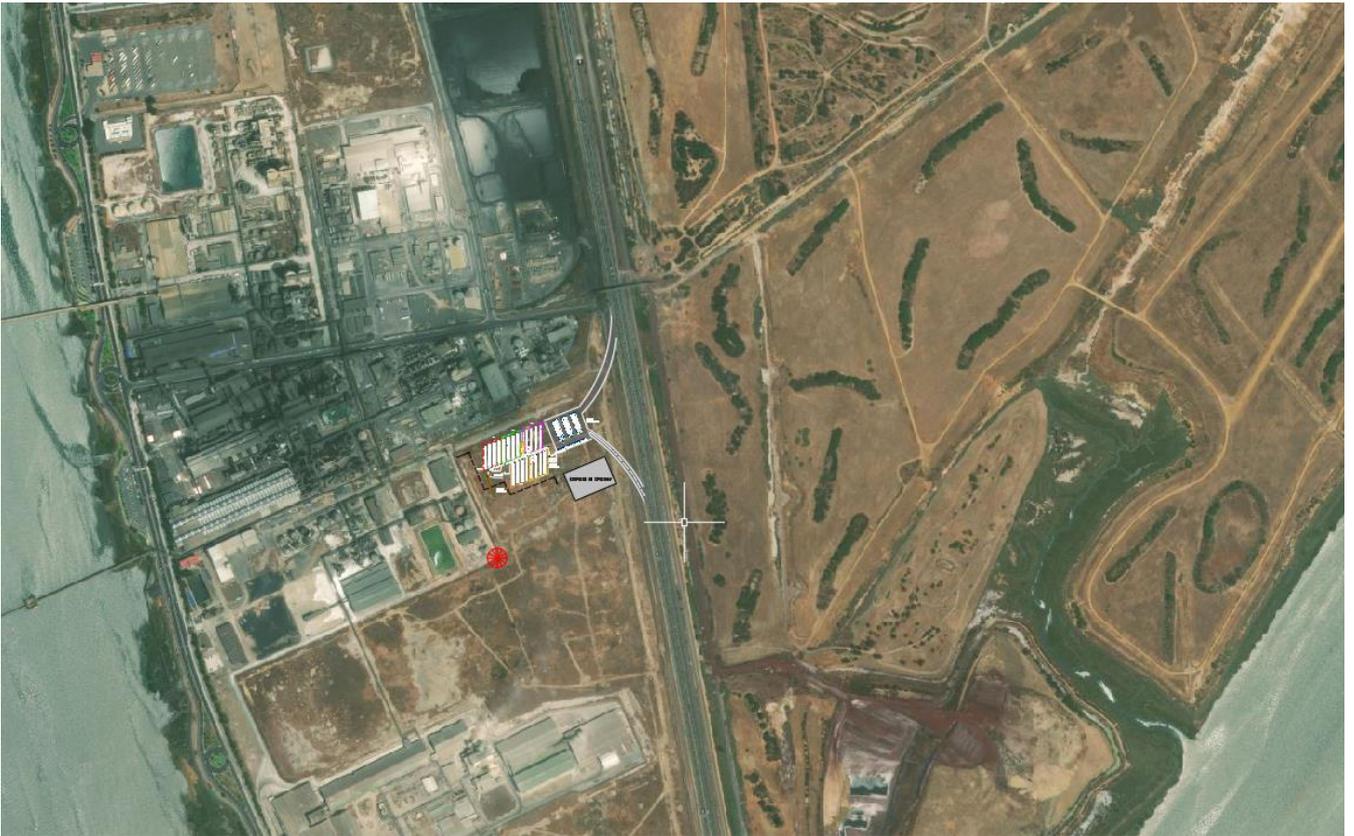


Figura 3: Emplazamiento de la instalación fotovoltaica

A continuación, en la *Figura 4* se expone una vista más completa de la distribución de los módulos. La orientación de los módulos instalados en las marquesinas y la pérgola se debe a la distribución del aparcamiento que pertenece al edificio de oficinas.

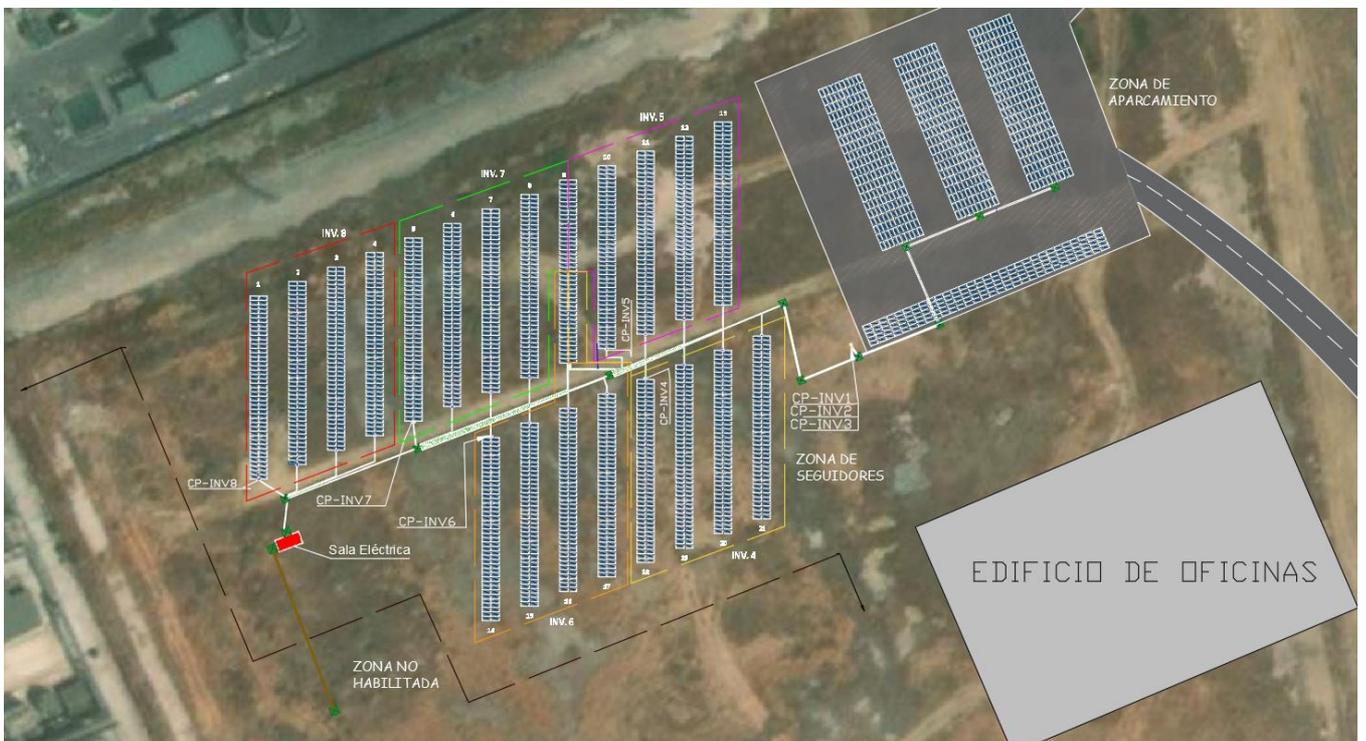


Figura 4: Distribución módulos fotovoltaicos

3.1 Superficie y ocupación prevista

La parcela seleccionada para realizar este proyecto cuenta con una superficie total de 60.424 m² aproximadamente, lo que hace un emplazamiento ideal para instalar módulos fotovoltaicos. El caso del área de estudio en cuestión será una pequeña parte de esta parcela, concretamente 18.100 m².

En él se pretenden instalar 2480 módulos fotovoltaicos con una generación total de 820 kWp. Los módulos instalados en las marquesinas y sobre pérgola son 800 con una producción total de 264 kWp, mientras que los instalados sobre seguidores solares serán 1680 módulos con una producción de 554,4 kWp.

4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

4.1 Características

La central de energía fotovoltaica consiste en un generador fotovoltaico que transforma la radiación solar en energía eléctrica, para consumo en la red interna de servicios auxiliares.

La instalación incorpora todos los elementos necesarios para garantizar en todo momento la protección física de las personas, la calidad de suministro y no provocar averías en la red.

La instalación estará formada por un conjunto de módulos fotovoltaicos o paneles solares cableados entre sí que generarán corriente continua; las protecciones de corriente continua; el inversor que transforma la corriente continua en corriente alterna; las protecciones de corriente alterna; el cuadro del contador junto con el contador de generación y por último las protecciones de alterna previas a la interconexión con la red interior del cliente.

El generador fotovoltaico será instalado en dos ubicaciones diferentes que irán interconectadas en el mismo punto. La ubicación número 1 (zona A) está situada en el parking de la instalación, los generadores serán instalados sobre nuevas marquesinas de aparcamiento, y ocupa una superficie de 6.700 m². La ubicación número 2 (zona B) está situada en el terreno anexo al parking, allí se instalarán seguidores de un eje horizontal N-S, y ocupa una superficie de 11.400 m².

En relación con la implantación en la zona B, el terreno deberá prepararse para el montaje de los seguidores solares. Los trabajos previstos son desbroce y desbroce de los árboles existentes, instalación de una malla antivegetal y zahorra.

Además, el tipo de obra de construcción a realizar no generará residuos RCDs (Residuos de Construcción y Demolición) por lo que no será necesario ningún tratamiento posterior de los mismos.

4.2 Implantación

En la *Tabla 1* se muestra la potencia en cada una de las zonas en las que se ha dividido la superficie disponible para la ubicación de los módulos fotovoltaicos.

Zona	Descripción	Potencia (kWp)
A	Instalación sobre nuevas marquesinas de aparcamiento	264
B	Instalación sobre seguidores solares	554,4

Tabla 1: Implantación y potencia de los módulos fotovoltaicos

4.3 Configuración

En la *Tabla 2* se presenta la distribución y organización eléctrica de los generadores.

Descripción	Inversores	Ubicación	Strings	Strings /Inversor	Orientación	Nº Módulos /String	Potencia (kWp)
Instalación sobre nuevas marquesinas de aparcamiento a dos aguas. Tipo Y.	Inversor 1	Marquesina 1	5	15	-112°	20	33
		Marquesina 2	5		-112	20	33
		Marquesina 3	5		-112	20	33
	Inversor 2	Marquesina 1	5	15	68°	20	33
		Marquesina 2	5		68°	20	33
		Marquesina 3	5		68°	20	33
Instalación sobre Pérgola (Sur)	Inversor 3	Pérgola	10	10	0°	20	66
Instalación seguidores solares	Inversores 4 a 8	Seguidores	84	16-17	Variable	20	554,4
							818,4

Tabla 2: Distribución y organización de los generadores

La siguiente *Tabla 3* resume los datos de Performance Ratio, la productividad específica y la Generación anual estimada.

Descripción	Ubicación	Potencia (kWp)	Potencia/Zona(kWp)	Nº Módulos	PR	Producción Específica kWh/kWp	Producción (MWh)
Instalación sobre nuevas marquesinas de aparcamiento a dos aguas. Tipo Y.	Marquesina 1	33	264	100	86,5	1587	157,113
	Marquesina 2	33		100	86,5		
	Marquesina 3	33		100	86,5		
	Marquesina 1	33		100	86,5	1587	157,113
	Marquesina 2	33		100	86,5		
	Marquesina 3	33		100	86,5		
Instalación sobre Pérgola (Sur)	Pérgola	66		200	87	1729	114,114
Instalación seguidores solares	Seguidores	554,4	554,4	1680	84	2141	1186,96
		818,4		2480			1615,31

Tabla 3: Tabla resumen

4.4 Módulos fotovoltaicos

Se sabe que los módulos fotovoltaicos ofrecen numerosas ventajas que hacen que la producción sostenible y rentable de energía eléctrica sea altamente beneficiosa. Estas ventajas incluyen:

- Ausencia de contaminación durante su vida útil
- Operación silenciosa, a diferencia de otras fuentes de energía
- No generan vibraciones molestas

Además, el principal componente de estos paneles es el silicio cristalino, un material existente en la mayor parte del planeta, lo que lo convierte en la elección ideal para su fabricación.

Existen tres tipos principales de módulos fotovoltaicos, cada uno diseñado para satisfacer diferentes necesidades:

1. Monocristalinos: Formados por células de un solo cristal de silicio de alta pureza, ofrecen un rendimiento y eficiencia excelentes. Estos paneles son conocidos por su color oscuro, alta producción y larga vida útil, siendo ideales para instalaciones residenciales. Dicho cristal se corta en finas láminas, lo que proporciona un gran rendimiento y eficiencia por parte del panel.
2. Policristalinos: Están compuestos por múltiples células de silicio. Aunque son menos eficientes que los monocristalinos, tienen un menor coste de producción y presentan mayor resistencia al calor, lo que los hace más adecuados para climas cálidos. Se distinguen por su color azul y no tienen el chaflán

característico entre células como los monocristalinos.

3. Capa fina (amorfos): Estos paneles ofrecen flexibilidad y pueden adherirse a estructuras flexibles. Aunque su eficiencia es menor que la de los otros tipos, su tecnología de vapor de silicio les permite adaptarse a superficies irregulares. Son más costosos de producir, pero requieren estructuras de soporte más simples debido a su flexibilidad.

Cada tipo de panel solar tiene sus propias características y beneficios, lo que permite adaptar la elección según las necesidades específicas de cada proyecto y ubicación.

En la *Figura 5* se pueden ver las principales diferencias físicas de los tres tipos de módulos explicados.

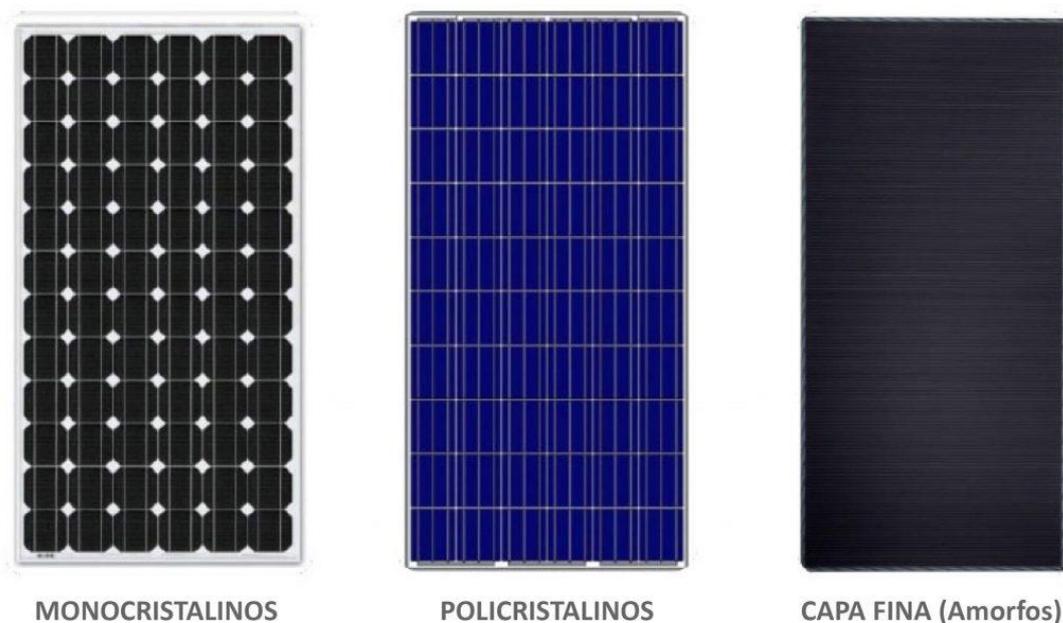


Figura 5: Tipos de módulos fotovoltaicos [4]

Los módulos seleccionados para este proyecto son del tipo policristalino (*Tabla 4*), pues presentan menor coste de producción y mayor resistencia al calor, lo que lo hace ideal para un clima como el de la provincia de Huelva.

MÓDULO FOTOVOLTAICO	
MARCA	JA Solar
MODELO	JAP72S01
POTENCIA (W)	330
CANTIDAD	2480

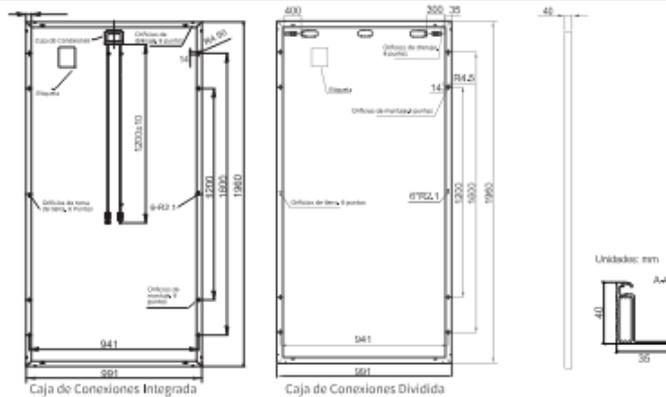
Tabla 4: Características principales de los módulos

En la *Figura 6* se presenta la ficha técnica de los módulos fotovoltaicos.



JAP72S01 315-335/SC Serie

DIAGRAMAS MECÁNICOS



ESPECIFICACIONES

Célula	Poly
Peso	22kg±3%
Dimensiones	1960mm×991mm×40mm
Tamaño de Sección Transversal de Cable	4mm ²
Nº de Células	72(6x12)
Caja de Conexiones	IP67, 3 diodos
Conector	Compatible MC4 (1000V) QC 4.10-35(1500V)
Configuración de Embalaje	27 Por Pallet

Nota: El color del marco y el largo del cable puede ser modificable según requerimientos del cliente.

PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN STC

TIPO	JAP72S01 -315/SC	JAP72S01 -320/SC	JAP72S01 -325/SC	JAP72S01 -330/SC	JAP72S01 -335/SC
Potencia Máxima Nominal (Pmax) [W]	315	320	325	330	335
Voltaje de Circuito Abierto (Voc) [V]	45.85	46.12	46.38	46.40	46.70
Voltaje de Potencia Máxima (Vmp) [V]	37.09	37.28	37.39	37.65	37.83
Corriente de Cortocircuito (Isc) [A]	9.01	9.09	9.17	9.28	9.35
Corriente de Potencia Máxima (Imp) [A]	8.49	8.58	8.69	8.77	8.87
Eficiencia del Módulo [%]	16.2	16.5	16.7	17.0	17.2
Tolerancia de Potencia	0~+5W				
Coefficiente de Temperatura de Isc(α _{Isc})	+0.058%/°C				
Coefficiente de Temperatura de Voc(β _{Voc})	-0.330%/°C				
Coefficiente de Temperatura de Pmax(γ _{Pmp})	-0.400%/°C				
STC	Irradiancia 1000W/m ² , Temperatura de célula 25°C, AM1.5G				

Nota: Los datos eléctricos de este catálogo no se refieren a un único módulo y no son parte de la oferta. Se exponen solamente a efectos de comparación entre diferentes tipos de módulo.

PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN NOCT

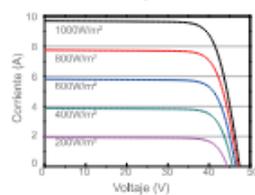
TIPO	JAP72S01 -315/SC	JAP72S01 -320/SC	JAP72S01 -325/SC	JAP72S01 -330/SC	JAP72S01 -335/SC
Potencia Máxima Nominal (Pmax) [W]	233	237	241	244	248
Voltaje de Circuito Abierto (Voc) [V]	42.84	43.04	43.24	43.41	43.63
Voltaje de Potencia Máxima (Vmp) [V]	34.45	34.64	34.82	35.03	35.21
Corriente de Cortocircuito (Isc) [A]	7.23	7.29	7.35	7.40	7.46
Corriente de Potencia Máxima (Imp) [A]	6.77	6.84	6.91	6.97	7.04
NOCT	Irradiancia 800W/m ² , temperatura ambiente 20°C, velocidad de viento 1m/s, AM1.5G				

CONDICIONES OPERATIVAS

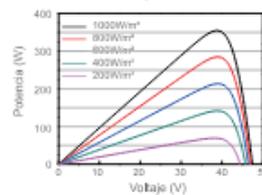
Voltaje Máximo de Sistema	1000V/1500V DC(IEC)
Temperatura de Operación	-40°C~+85°C
Fusible de Serie Máximo	20A
Carga Estática Máxima, Frontal	5400Pa
Carga Estática Máxima, Trasera	2400Pa
NOCT	45±2°C
Clase de Aplicación	Clase A

CARACTERÍSTICAS

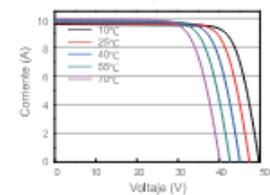
Curva Corriente-Voltaje JAP72S01-325/SC



Curva Potencia-Voltaje JAP72S01-325/SC



Curva Corriente-Voltaje JAP72S01-325/SC



Premium Cells, Premium Modules

Versión Nº.: Global_ES_20180816A

Figura 6: Tipo y marca de módulos fotovoltaicos seleccionados

4.5 Cuadro de derivaciones (junction box)

Las cajas de conexiones de los módulos fotovoltaicos se disponen en los pilares iniciales de las estructuras fotovoltaicas y en las marquesinas. Su función principal es enlazar el cable existente de los módulos fotovoltaicos con el cable de transporte eléctrico de corriente continua de conexión con los inversores a través de los cuadros de protección de agrupamiento de los módulos.

Las cajas provistas son estancas cuyas características técnicas a cumplir en la zona de seguidores y de aparcamiento son:

- Grado de protección (IP): IP67 o aquel especializado en emplear todo cuadro de protección con grado IP66 especializado en fotovoltaica.
- Grado de protección IK. IK07.
- De aplicación industrial.
- Color de caja: RAL 7035.
- Resistencia al impacto.
- Clase de aislamiento: Tipo II.
- Resistencia al fuego (GWT): 650°C.
- Resistencia al calor: 70°C.
- Tensión de empleo: <1000Vca//1500Vcc>
- Resistencia UV.
- Libre de halógenos.
- Normativa: Marcado CE, UK y CMim. Conforme a normativa UNE/EN 60670-1:2022 y UNE-EN 60670-22:2007. Cumplimiento con la directiva europea 2014/35/UE sobre baja tensión.

Las cajas serán provistas de prensaestopas (*Figura 7*) acorde con los diámetros de cable diseñados en cálculo y definido en el listado adjunto, empleando las d métrica 20 para los cables de 16 mm² de sección a introducir en la caja de derivaciones del primer módulo fotovoltaico y las de métrica 25 para el resto de los módulos fotovoltaicos. Las características comunes a ambos son:

- Grado de protección IP68.
- Clase de aislamiento: Tipo II.
- Resistencia al fuego (GWT): 850°C.
- Libre de halógenos.
- Normativa de cumplimiento: Marcado CE, UK, CMim. UNE-EN 62444:2014.



Figura 7: Prensaestopas, arandela y tuerca [5]

4.6 Cuadro de agrupamiento de módulos FV

Los cuadros de protección se ubican repartidos por la planta fotovoltaica correspondiente con la explanada, concretamente en los pilares iniciales de los módulos fotovoltaicos de las filas 1,5,10,14 y 18 junto con los cuadros de derivaciones. Los cuadros de protecciones ubicados en la zona de aparcamiento están situados entre esta zona y la explanada. Las características técnicas de los cuadros de protección son las siguientes:

- Grado de protección IP: IP67 (UNE-53315) o aquel especializado en instalaciones de planta fotovoltaica que cumplan con IP66.
- Grado de protección (IK): IK-10 (EN-50102).
- Material auto extingible (UNE-53315).
- Material no higroscópico (nula absorción de agua).
- Color RAL-7035 inalterable a intemperie.
- Resistente a agentes químicos y atmosféricos como los producidos en ambientes corrosivos.
- Provistos de cierre.

4.7 Inversores

A continuación, se presenta el componente que posiblemente desempeñe el papel más importante en los sistemas fotovoltaicos de conexión a red. Su función es optimizar el paso de energía desde el módulo hacia la carga, y maximizar la producción de corriente del sistema fotovoltaico.

Se sabe que estos dispositivos están diseñados principalmente para convertir la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna, la cual alimentará el sistema.

El inversor que estará conectado a la red de baja tensión del suministro cumple con la normativa española sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

Según el Real Decreto 1663/2000, cuando la potencia nominal del inversor o conjunto de inversores es igual o inferior a 5 kW la conexión a la red debe ser monofásica. En el caso contrario, debe ser trifásica, siendo este segundo caso el que nos ocupa. Esta conexión trifásica puede lograrse de dos maneras distintas: mediante un solo inversor de salida trifásica o mediante la conexión en paralelo de tres inversores de salida monofásica. En este caso se utilizará un solo inversor con salida trifásica.

En este proyecto se hará uso de 8 inversores cuyas características se exponen en la *Tabla 5*.

INVERSOR	
MARCA	INGETEAM
MODELO	INGECON SUN 3PLAY 100TL
POTENCIA NOMINAL	100 kW

Tabla 5: Características de los inversores

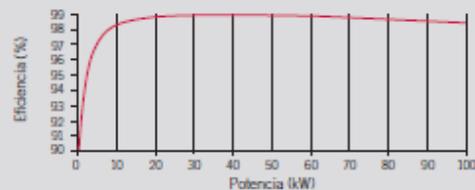
La salida de corriente alterna de estos inversores es a 400 V.

El inversor seleccionado será el INGECON SUN 3PLAY 100TL, en la *Figura 8* se expone la ficha técnica.

100TL						
Valores de Entrada (DC)						
Rango pot. campo FV recomendado	56 - 80,2 kWp	91,1 - 130,5 kWp	96,2 - 137,8 kWp	101,2 - 145 kWp	106,3 - 152,3 kWp	111,3 - 159,5 kWp
Rango de tensión MPP ¹⁾	513 - 850 V	513 - 850 V	541,5 - 850 V	570 - 850 V	598,5 - 850 V	627 - 850 V
Tensión máxima ²⁾	1.100 V					
Corriente máxima ³⁾	185 A					
Corriente de cortocircuito	240 A					
Entradas (STD / PRO)	1 / 24					
MPPT	1					
Valores de Salida (AC)						
Potencia nominal	55,3 kW	90 kW	95 kW	100 kW	105 kW	110 kW
Máx. temperatura a potencia nominal ⁴⁾	50 °C					
Corriente máxima	145 A					
Tensión nominal	220 V	360 V	380 V	400 V	420 V	440 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz					
Tipo de red ⁵⁾	TT / TN					
Factor de Potencia	1					
Factor de Potencia ajustable ⁶⁾	St. 0 - 1 (capacitivo / inductivo)					
THD ⁷⁾	<3%					
Rendimiento						
Eficiencia máxima	99,1%					
Euroeficiencia	98,5%					
Datos Generales						
Sistema de refrigeración	Ventilación forzada					
Caudal de aire	570 m³/h					
Consumo en stand-by	20 W					
Consumo nocturno	1 W					
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a 60 °C					
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 100%					
Grado de protección	IP65 / NEMA 4					
Interruptor diferencial	1.000 mA					
Altitud máxima ⁸⁾	3.000 m					
Conexión	AC: Máxima sección: 240 mm² (un cable) Conexión DC (STD): Máxima sección: 300 mm² (un cable) Conexión DC (PRO): 6 mm² (24 pares de conectores PV-Stick) Permitido el cableado en cobre y aluminio, tanto en DC como en AC					
Marcado	CE					
Normativa EMC y de seguridad	IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3, IEC 61000-6-4, IEC 61000-3-11, IEC 62109-1, IEC 62109-2, IEC 62103, IEC 61000-3-12, EN50178, FCC Part 15, IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2, IEC 60068-2-14, IEC 60068-2-30, IEC 60068-2-68, IEC 60529					
Normativa de conexión a red	DIN V VDE V 0126-1-1, Arrêté du 23 avril 2008, EN 50438, EN 50439, EN 50549, CEI 0-21, CEI 0-16 VDE AR-N 4105:2011-08, G59/3, P.O.12.3, AS4777.2, BDEW, IEC 62116, IEC 61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, Brazilian Grid Code, South African Grid Code, Chilean Grid Code, DEWA 2.0, Jordanian Grid Code, Thailand MEA & PEA requirements					

Notas: ¹⁾ $V_{mpp,min}$ es para condiciones nominales ($V_{dc}=1$ p.u. y Factor de potencia=1). $V_{mpp,min}$ dependerá de la tensión de red (V_{ac}), de acuerdo con esta relación: $V_{mpp,min}=1,425 \cdot V_{ac}$. ²⁾ El inversor no entra en funcionamiento hasta que $V_{dc} < 1.000$ V. Si se han instalado los fusibles de DC para el polo negativo, la tensión máxima DC es de 1.000 V. ³⁾ La corriente máxima por conector FV es 15 A para la versión PRO. ⁴⁾ Por cada °C de aumento, la potencia de salida se reducirá un 2,3%. ⁵⁾ Estas unidades deberán conectarse a una red trifásica en estrella con neutro aterrado. No pueden ser conectadas a redes IT. ⁶⁾ Rango de ajuste extendido para puntos de trabajo nominales. ⁷⁾ Para potencia y tensión AC nominales de acuerdo con la norma IEC 61000-3.4. ⁸⁾ Por encima de 1.000 m, la temperatura máxima para entregar potencia nominal se reduce a razón de 5,5°C por cada 1.000 m adicionales.

Rendimiento INGECON® SUN 100TL $V_{dc} = 570$ V



Dimensiones y peso (mm)



100TL STD
75 kg.

100TL PRO
78 kg.

Figura 8: Inversor seleccionado para la instalación

4.8 Estructura

Las estructuras de soporte son el elemento encargado de fijar y orientar los módulos. Se instalarán dos tipos de estructuras.

En la zona A se instalarán tres marquesinas de aparcamientos construidas en hierro galvanizado en caliente de tipo C y espesor apropiado a la zona del emplazamiento, asegurándose mayor durabilidad y un mantenimiento casi nulo de la estructura a lo largo de la vida útil de la instalación fotovoltaica. Los módulos fotovoltaicos se instalarán sobre correas y serán fijados mediante grapas.

En la zona Sur se instalará una estructura tipo pérgola, que soportará paneles en su parte superior.

En el caso de los seguidores, los módulos van fijados en el bastidor del seguidor de acero galvanizado. La instalación de los seguidores requiere el acondicionamiento previo del terreno a ocupar, que consiste en un desbroce para facilitar los trabajos de montaje de los soportes de los seguidores. En el terreno no existe vegetación relevante.

En la *Tabla 6* y *Tabla 7* se detallan las características de las estructuras.

ESTRUCTURA MARQUESINA	
MARCA	SUPPORTS
MODELO	OVE Monoposte/ST-TNE Biposte
INCLINACIÓN	10°
ORIENTACIÓN	-112°/68°/0°
TIPO DE ANCLAJE	Anclaje con grapas a correa
MATERIAL	Acero galvanizado en caliente

Tabla 6: Características estructura marquesina

SEGUIDOR	
MARCA	SOLAR STEEL
MODELO	TracSmar T+
INCLINACIÓN	+55° -55°
SEGUIMIENTO	Azimutal E-W
TIPO DE ANCLAJE	Anclaje mediante grapas a correa
MATERIAL	Acero galvanizado en caliente

Tabla 7: Características seguidor solar

La estructura está calculada para resistir la acción del viento en la zona de instalación del sistema fotovoltaico, siguiendo las normas del Código Técnico de la Edificación (CTE).

4.9 Orientación, inclinación y sombras

La orientación e inclinación de las marquesinas fotovoltaicas son las expuestas en la *Tabla 11*.

INCLINACIÓN	10°
ORIENTACIÓN	60° y -112° (cubierta 2 aguas) 0° (cubierta Sur)

Tabla 8: Orientación e inclinación módulos fotovoltaicos

Las pérdidas por orientación e inclinación según el software de dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas PVSYST para esa ubicación son inferiores al 20%.

Según el Código Técnico de la Edificación, las pérdidas máximas por orientación e inclinación para instalaciones fotovoltaicas se describen en la *Tabla 9*.

CASO	ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN	SOMBRAS	TOTAL
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 9: Pérdidas límite

Se considera que existe integración arquitectónica cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales o son elementos constituyentes de la composición arquitectónica. Se considera que existe superposición cuando la colocación de los módulos se realiza paralela a la envolvente del edificio.

En este caso, los módulos fotovoltaicos pertenecerán al caso “Superposición de módulos fotovoltaicos” siendo el límite por orientación e inclinación del 20%. Por lo tanto, estamos dentro de los límites fijados por el CTE.

Las pérdidas por sombreado según el software de dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas PVSYST para esta ubicación e implantación es del -0.6%.

4.10 Sistema de monitorización y antivertido

La instalación solar fotovoltaica contará con un sistema de monitorización 24h que servirá para verificar el correcto funcionamiento de la instalación, así como para analizar y detectar posibles fallos o bajadas en la producción anual.

El sistema de monitorización estará formado por:

- Contadores de energía de medida directa: estos equipos se instalarán cuando sea posible conectar el cableado directamente al medidor (intensidad < 100 A).
- Contadores de energía de medida indirecta: estos equipos se instalarán cuando no sea posible conectar el cableado directamente al medidor (intensidad > 100 A).
- Módem/datalogger: es el equipo encargado de transmitir los datos a través de la red de datos proporcionada por una tarjeta SIM, hasta un portal web.
- Fuente de alimentación: proporciona energía en CC (corriente continua) al Módem.

Por tratarse de un sistema de Autoconsumo sin Excedentes, la instalación tendrá un equipo antivertido de forma que no se inyecte energía de origen fotovoltaico a la red, en cumplimiento del Real Decreto 244/2019, de 5 de abril. El cuadro del Sistema antivertido estará compuesto por un analizador de potencia, un transformador de corriente y un elemento de control externo.

4.11 Protecciones eléctricas

La instalación fotovoltaica contará con las siguientes protecciones:

- Protección frente a contactos indirectos en el lado de CC: el circuito de corriente continua estará formado por cable aislado, las partes metálicas de los cuadros eléctricos estarán puestas a tierra o serán de material plástico con grado de estanqueidad IP65 y resistentes a la intemperie en caso de estar instalados en el exterior. El inversor contará con un detector de fallo de aislamiento de forma que interrumpirá su funcionamiento avisando del fallo en su display garantizando que no haya contacto indirecto cuando haya una derivación a tierra.
- Protección frente a sobre intensidades en el lado de CC: las series de paneles fotovoltaicos estarán protegidos con fusibles especiales para corriente continua y tensión 100 Vdc. El calibre del fusible dependerá del modelo de inversor y del módulo a utilizar y garantizará, en cualquier caso, la protección de los equipos debido a alguna sobre intensidad de la línea.
- Protección frente a contactos indirectos en el lado de AC (corriente alterna): el circuito de corriente alterna estará formado por cable aislado, las partes metálicas de los cuadros eléctricos estarán puestas a tierra o serán de material de plástico con grado de estanqueidad IP65 y resistentes a la intemperie en caso de estar instalados en el exterior. Además, la instalación contará con la instalación de interruptores diferenciales con el fin de proteger a las personas de los contactos directos e indirectos provocados por el contacto con partes activas de la instalación con elementos sometidos a potencial.
- Protección frente a sobre intensidades en el lado de AC: el circuito de corriente alterna estará protegido frente a sobreintensidades mediante interruptores magnetotérmicos debidamente dimensionados en cada uno de los tramos del circuito eléctrico.

5 CRITERIOS APLICADOS Y BASES DE CÁLCULO

5.1 Simulación con PVSYST

Para realizar los cálculos de la instalación, se ha utilizado el programa PVSYST con el que se ha realizado una simulación del sistema planteado.

En primer lugar, se ha determinado la información geográfica relativa a la parcela seleccionada (*Figura 10*).

Project summary			
Geographical Site		Situation	
Trabajo Fin de Carrera		Latitude	37.23 °N
España		Longitude	-6.94 °W
		Altitude	5 m
		Time zone	UTC+1
		Project settings	
		Albedo	0.20
Weather data			
Trabajo Fin de Carrera			
Meteonorm 8.1 (1996-2015) - Sintético			

Figura 9: Resumen de situación del proyecto en PVSYST

Además del número de módulos, inversores y la potencia total de estos que se ha dividido en tres simulaciones. La simulación uno se corresponde con las tres marquesinas de aparcamiento (*Figura 11*), la simulación dos con la pérgola (*Figura 12*) y la simulación tres con los seguidores solares (*Figura 13*).

System summary			
Grid-Connected System		Sheds on ground	
PV Field Orientation		Near Shadings	
Fixed planes	2 orientations	Linear shadings : Fast (table)	
Tilts/azimuths	10 / -112 °	User's needs	
	10 / 68 °	Unlimited load (grid)	
System information			
PV Array		Inverters	
Nb. of modules	600 units	Nb. of units	2 units
Pnom total	198 kWp	Pnom total	200 kWac
		Pnom ratio	0.990

Figura 10: Resumen de la orientación de los módulos fotovoltaicos de las marquesinas

System summary			
Grid-Connected System	Sheds on ground		
PV Field Orientation	Near Shadings		User's needs
Fixed plane	Linear shadings : Fast (table)		Unlimited load (grid)
Tilt/Azimuth	10 / 0 °		
System information			
PV Array			
Nb. of modules	200 units	Inverters	Nb. of units
Pnom total	66.0 kWp		1 unit
			Pnom total
			100 kWac
			Pnom ratio
			0.660

Figura 11. Resumen de la orientación de los módulos fotovoltaicos de la pérgola

System summary			
Grid-Connected System	Tracking system with backtracking		
PV Field Orientation	Tracking algorithm		Near Shadings
Orientation	Astronomic calculation		According to strings : Fast (table)
Tracking plane, horizontal N-S axis	Backtracking activated		Electrical effect
Axis azimuth	0 °		100 %
			Diffuse shading
			Automatic
System information			
PV Array			
Nb. of modules	1680 units	Inverters	Nb. of units
Pnom total	554 kWp		5 units
			Pnom total
			500 kWac
			Pnom ratio
			1.109
User's needs			
Unlimited load (grid)			

Figura 12 Resumen de la orientación de los módulos fotovoltaicos de los seguidores solares

Una vez conocida esta información, se han determinado las características de los módulos fotovoltaicos y del inversor elegidos para las tres simulaciones anteriormente mencionadas. Estas características se exponen en la Figura 14, Figura 15, Figura 16 y Figura 17.

PV Array Characteristics			
PV module			
Manufacturer	Generic	Inverter Manufacturer	Generic
Model	JAP72-S01-330-SC-1500	Model	Ingecon Sun 100TL 400V
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	330 Wp	Unit Nom. Power	100 kWac
Number of PV modules	600 units	Number of inverters	2 units
Nominal (STC)	198 kWp	Total power	200 kWac
Array #1 - Generador FV			
Orientation	#1		
Tilt/Azimuth	10/-112 °		
Number of PV modules	300 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	99.0 kWp	Total power	100 kWac
Modules	15 string x 20 In series		
At operating cond. (50°C)			
Pmpp	88.9 kWp	Operating voltage	570-850 V
U mpp	674 V	Pnom ratio (DC:AC)	0.99
I mpp	132 A		
Array #2 - Subconjunto #2			
Orientation	#2		
Tilt/Azimuth	10/88 °		
Number of PV modules	300 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	99.0 kWp	Total power	100 kWac
Modules	15 string x 20 In series		
At operating cond. (50°C)			
Pmpp	88.9 kWp	Operating voltage	570-850 V
U mpp	674 V	Pnom ratio (DC:AC)	0.99
I mpp	132 A		
Total PV power			
Nominal (STC)	198 kWp	Total inverter power	
Total	600 modules	Total power	200 kWac
Module area	1165 m ²	Number of inverters	2 units
Cell area	1050 m ²	Pnom ratio	0.99

Figura 13: Resumen de los módulos fotovoltaicos y el inversor del parking

PV Array Characteristics			
PV module			
Manufacturer	Generic	Inverter Manufacturer	Generic
Model	JAP72-S01-330-SC-1500	Model	Ingecon Sun 100TL 400V
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	330 Wp	Unit Nom. Power	100 kWac
Number of PV modules	200 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	66.0 kWp	Total power	100 kWac
Modules	10 string x 20 In series	Operating voltage	570-850 V
At operating cond. (50°C)			
Pmpp	59.3 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	0.66
U mpp	674 V		
I mpp	88 A		
Total PV power			
Nominal (STC)	66 kWp	Total inverter power	
Total	200 modules	Total power	100 kWac
Module area	388 m ²	Number of inverters	1 unit
Cell area	350 m ²	Pnom ratio	0.66

Figura 14: Resumen de los módulos fotovoltaicos y el inversor de la pérgola

PV Array Characteristics			
PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	JAP72-S01-330-SC-1500	Model	Ingecon Sun 100TL 400V
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	330 Wp	Unit Nom. Power	100 kWac
Number of PV modules	1680 units	Number of Inverters	5 units
Nominal (STC)	554 kWp	Total power	500 kWac
Array #1 - inv 4			
Number of PV modules	340 units	Number of Inverters	1 unit
Nominal (STC)	112 kWp	Total power	100 kWac
Modules	17 string x 20 In series		
At operating cond. (50°C)		Operating voltage	570-850 V
Pmpp	101 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.12
U mpp	674 V		
I mpp	149 A		
Array #2 - inv 5			
Number of PV modules	340 units	Number of Inverters	1 unit
Nominal (STC)	112 kWp	Total power	100 kWac
Modules	17 string x 20 In series		
At operating cond. (50°C)		Operating voltage	570-850 V
Pmpp	101 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.12
U mpp	674 V		
I mpp	149 A		

Figura 15: Resumen de los módulos fotovoltaicos y los inversores 4 y 5 de los seguidores solares

PV Array Characteristics			
Array #3 - inv 6			
Number of PV modules	340 units	Number of Inverters	1 unit
Nominal (STC)	112 kWp	Total power	100 kWac
Modules	17 string x 20 In series		
At operating cond. (50°C)		Operating voltage	570-850 V
Pmpp	101 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.12
U mpp	674 V		
I mpp	149 A		
Array #4 - inv 7			
Number of PV modules	340 units	Number of Inverters	1 unit
Nominal (STC)	112 kWp	Total power	100 kWac
Modules	17 string x 20 In series		
At operating cond. (50°C)		Operating voltage	570-850 V
Pmpp	101 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.12
U mpp	674 V		
I mpp	149 A		
Array #5 - inv 8			
Number of PV modules	320 units	Number of Inverters	1 unit
Nominal (STC)	106 kWp	Total power	100 kWac
Modules	16 string x 20 In series		
At operating cond. (50°C)		Operating voltage	570-850 V
Pmpp	94.8 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.06
U mpp	674 V		
I mpp	141 A		
Total PV power			
Nominal (STC)	554 kWp	Total inverter power	
Total	1680 modules	Total power	500 kWac
Module area	3263 m ²	Number of Inverters	5 units
Cell area	2939 m ²	Pnom ratio	1.11

Figura 16: Resumen de los módulos fotovoltaicos y los inversores 6, 7 y 8 de los seguidores solares

También se han determinado unas pérdidas aproximadas de la propia instalación. Se detallan en la Figura 18, Figura 19 y Figura 20.

Array losses								
Thermal Loss factor			DC wiring losses			Module Quality Loss		
Module temperature according to irradiance			Global array res.			Loss Fraction		
Uc (const) 29.0 W/m ² K			Global wiring resistance 43 mΩ			-0.8 %		
Uv (wind) 0.0 W/m ² K/m/s			Loss Fraction 1.5 % at STC					
Module mismatch losses			Strings Mismatch loss					
Loss Fraction 2.0 % at MPP			Loss Fraction 0.2 %					
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

Figura 17: Resumen de las pérdidas de los módulos de las tres marquesinas

Array losses								
Thermal Loss factor			DC wiring losses			Module Quality Loss		
Module temperature according to irradiance			Global array res.			Loss Fraction		
Uc (const) 29.0 W/m ² K			130 mΩ			-0.8 %		
Uv (wind) 0.0 W/m ² K/m/s			Loss Fraction 1.5 % at STC					
Module mismatch losses			Strings Mismatch loss					
Loss Fraction 2.0 % at MPP			Loss Fraction 0.1 %					
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

Figura 18: Resumen de las pérdidas de los módulos de la pérgola

Array losses								
Thermal Loss factor			Module Quality Loss			Module mismatch losses		
Module temperature according to irradiance			Loss Fraction			Loss Fraction		
Uc (const) 20.0 W/m ² K			-0.8 %			2.0 % at MPP		
Uv (wind) 0.0 W/m ² K/m/s								
Strings Mismatch loss								
Loss Fraction 0.2 %								
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

Figura 19: Resumen de las pérdidas de los módulos de los seguidores solares

Para continuar con la simulación del proceso se ha definido el horizonte de sombras que ha quedado tal cual se muestra en las Figuras 21, 22 y 23.

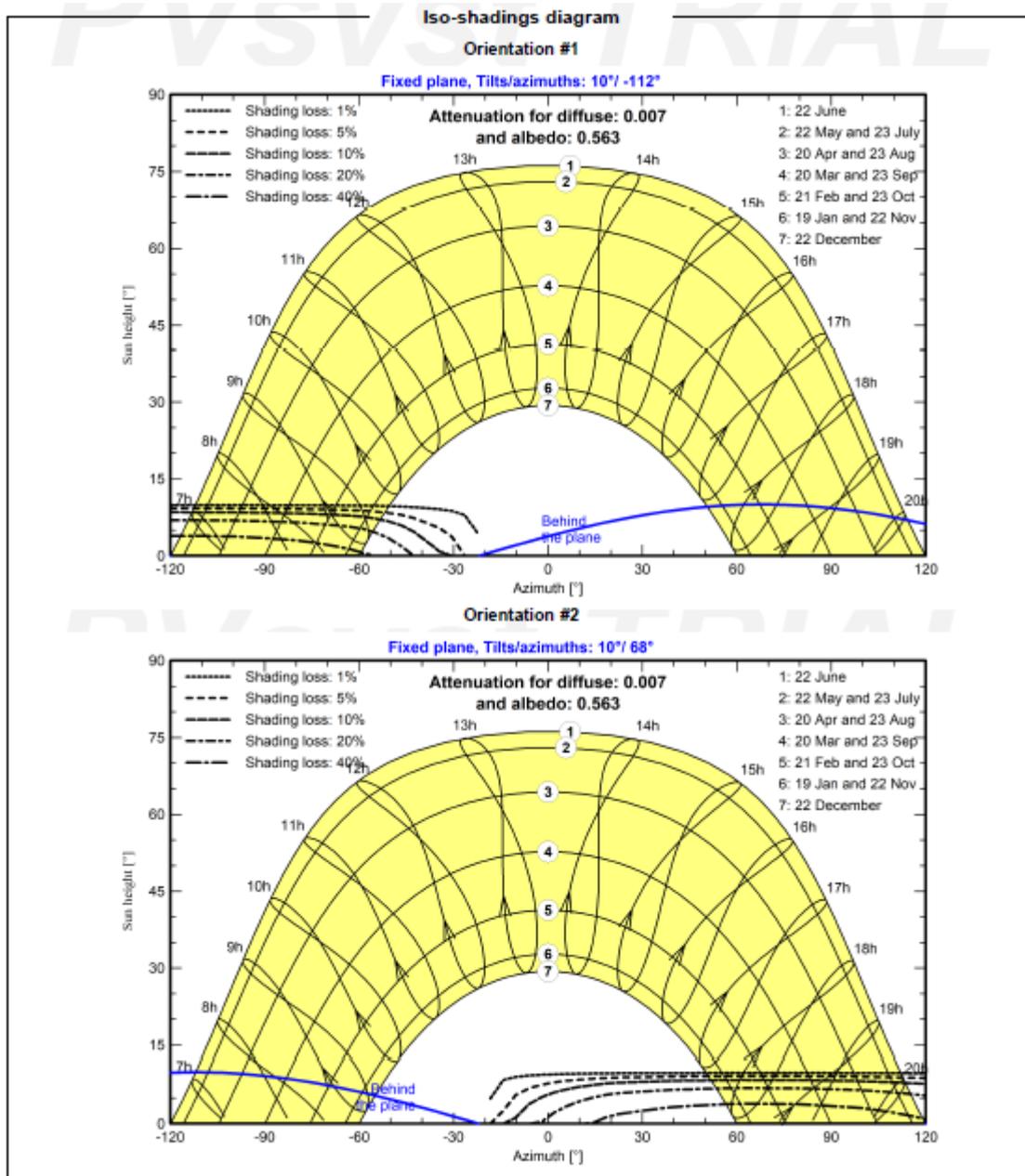


Figura 20: Resumen del horizonte de sombras para los módulos de las marquesinas

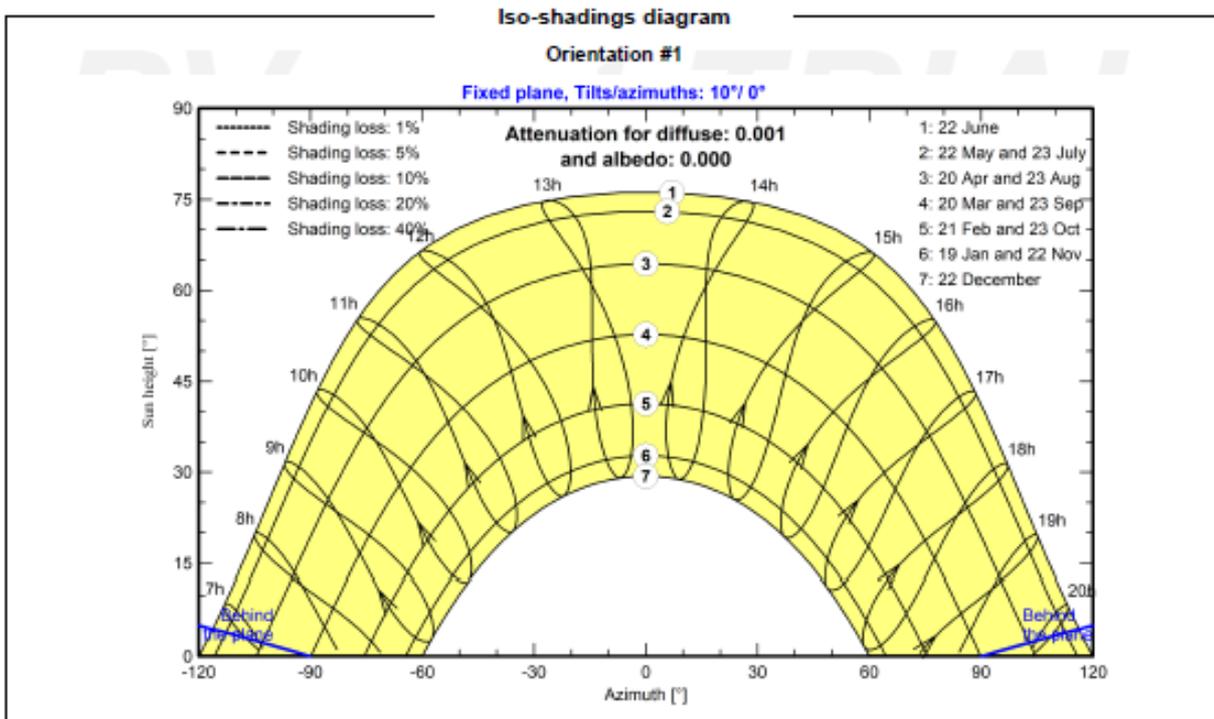


Figura 21: Resumen del horizonte de sombras para los módulos de la pérgola

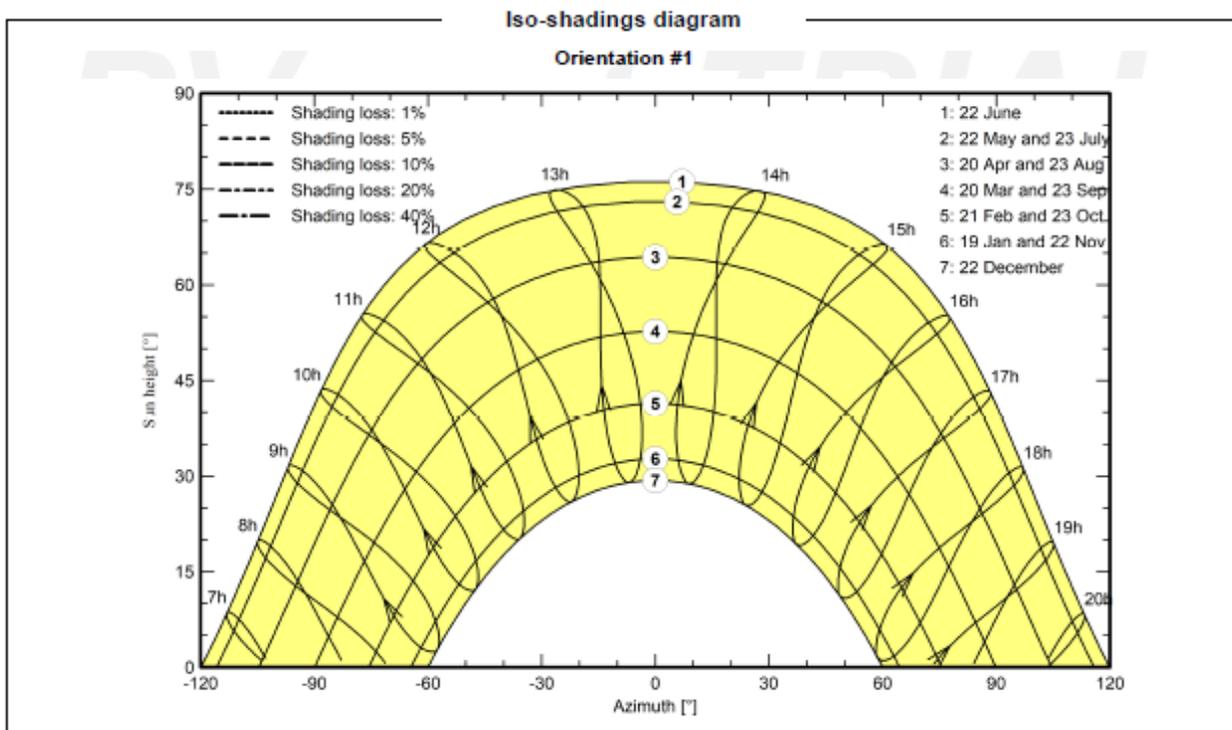


Figura 22: Resumen del horizonte de sombras para los módulos de los seguidores solares

Con todos los datos anteriores, se ha llegado a los resultados aportados por el propio programa, detallados en la Figura 24, 25 y 26.

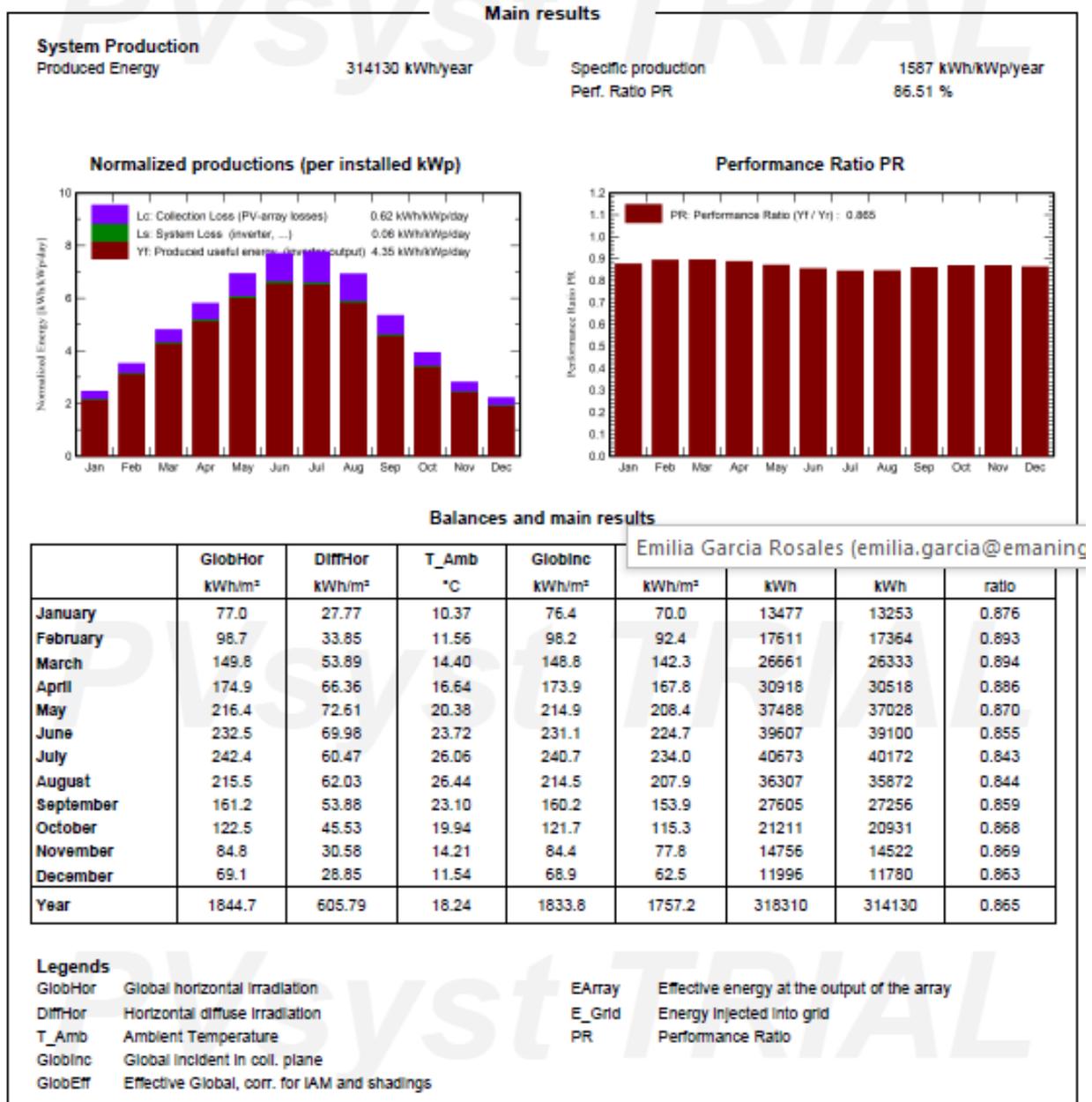


Figura 23: Resumen de los balances de energía de los módulos de las marquesinas

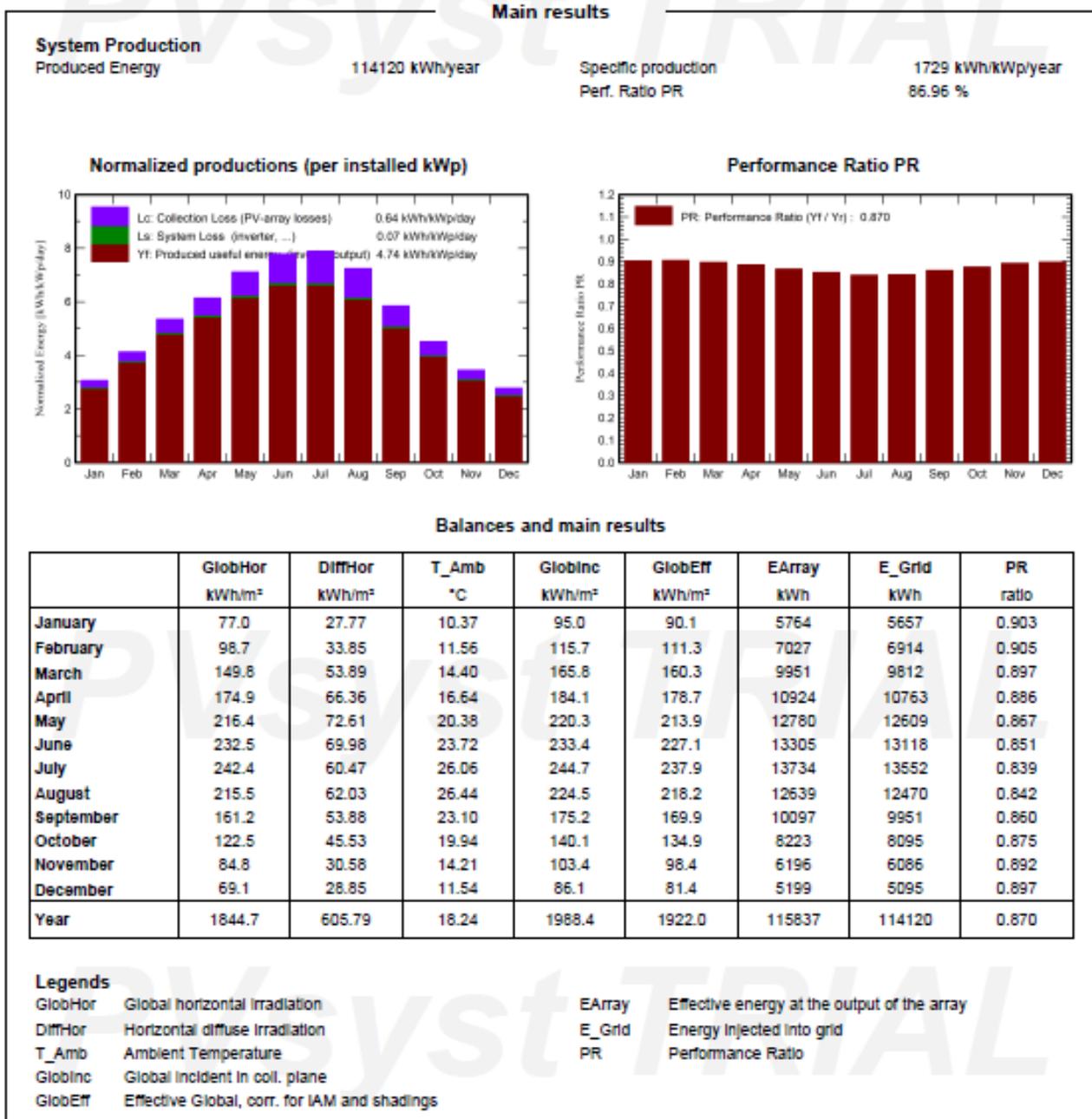


Figura 24: Resumen de los balances de energía de los módulos de la pérgola

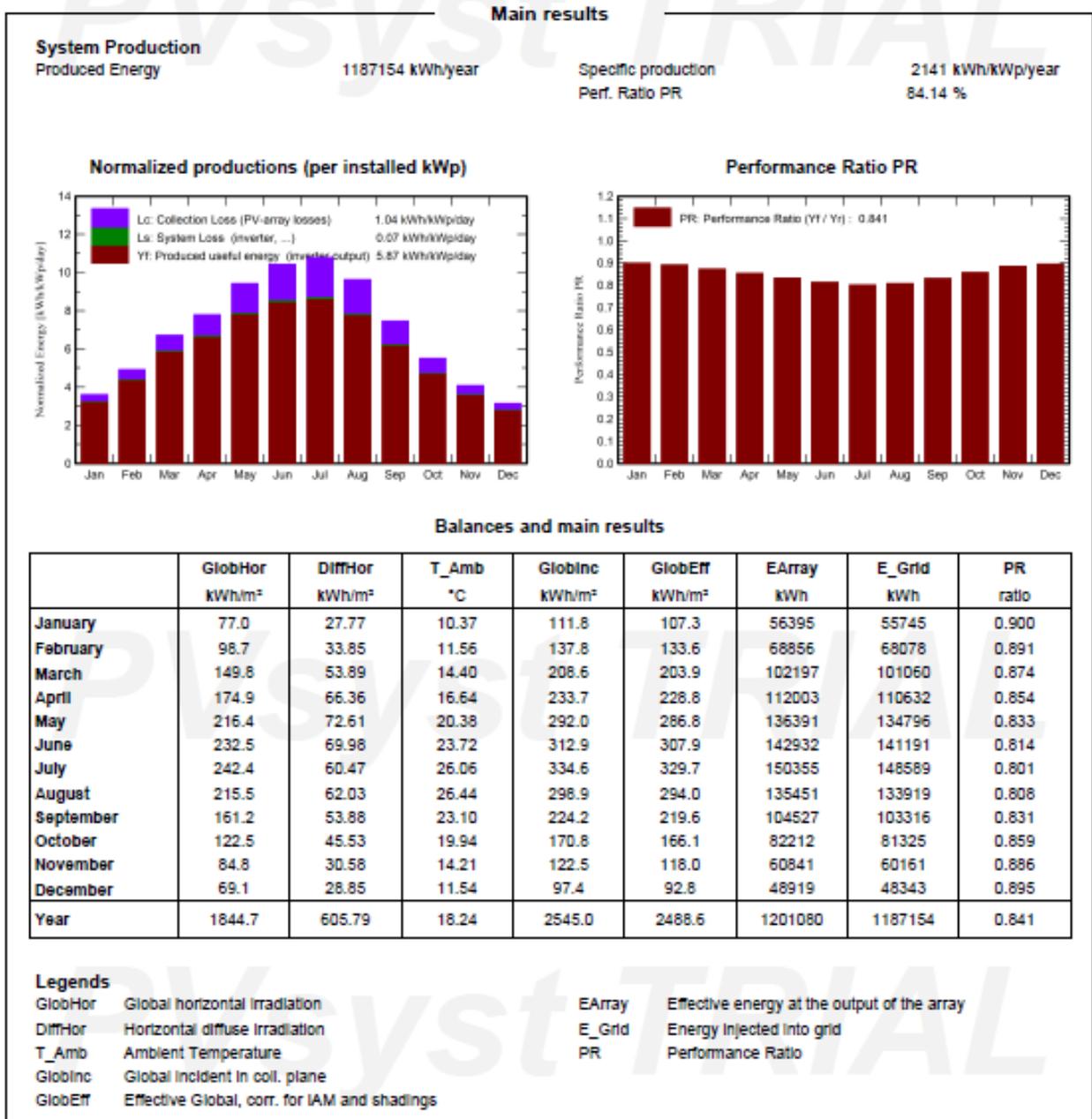


Figura 25: Resumen de los balances de energía de los módulos de los seguidores solares

Por último, el programa aporta un diagrama en el que se aprecian perfectamente las pérdidas que puede llegar a sufrir el sistema por distintas causas, como se puede observar en la *Figura 27*, *Figura 28* y *Figura 29*.

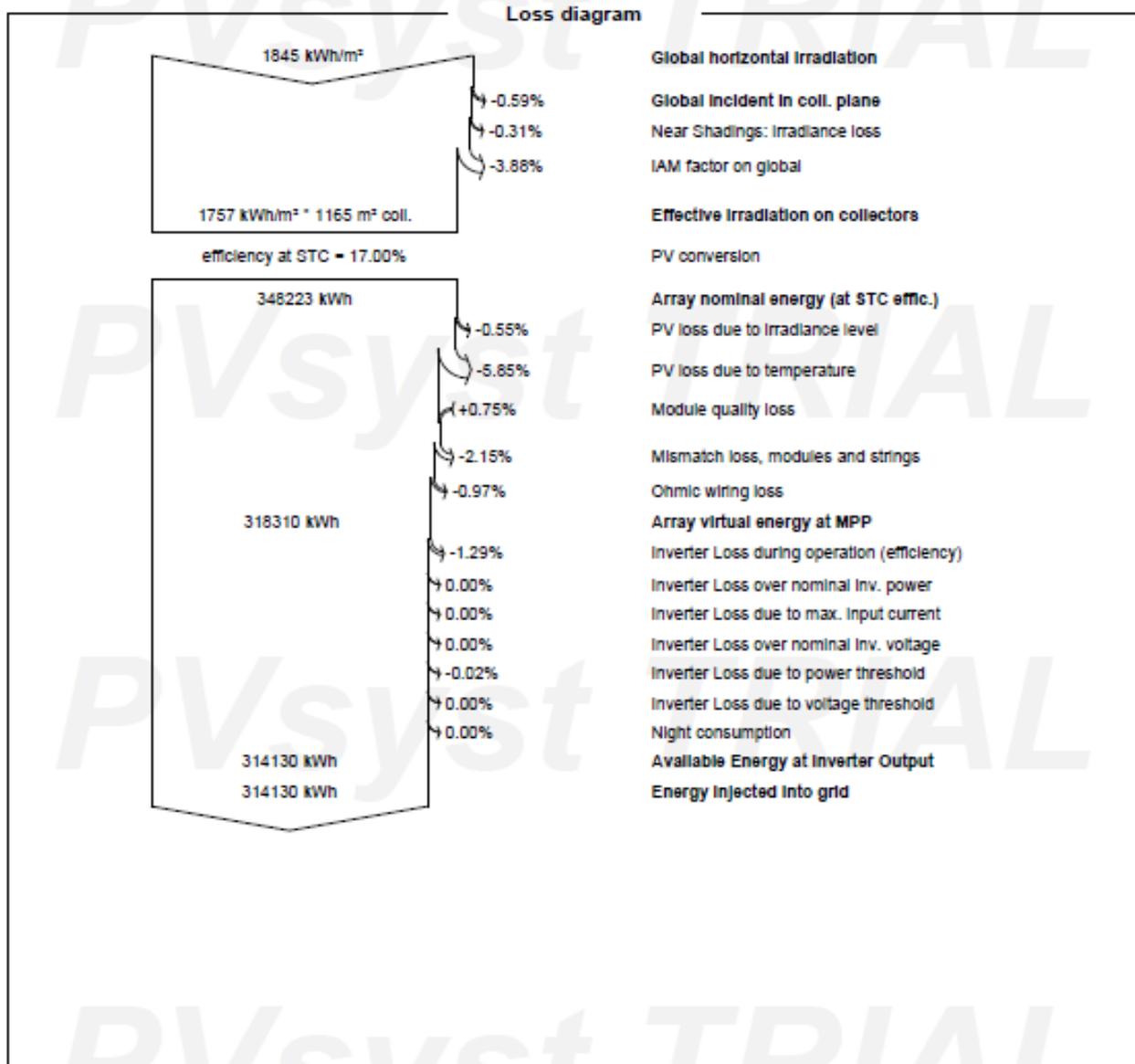


Figura 26: Esquema de pérdidas de los módulos de las marquesinas

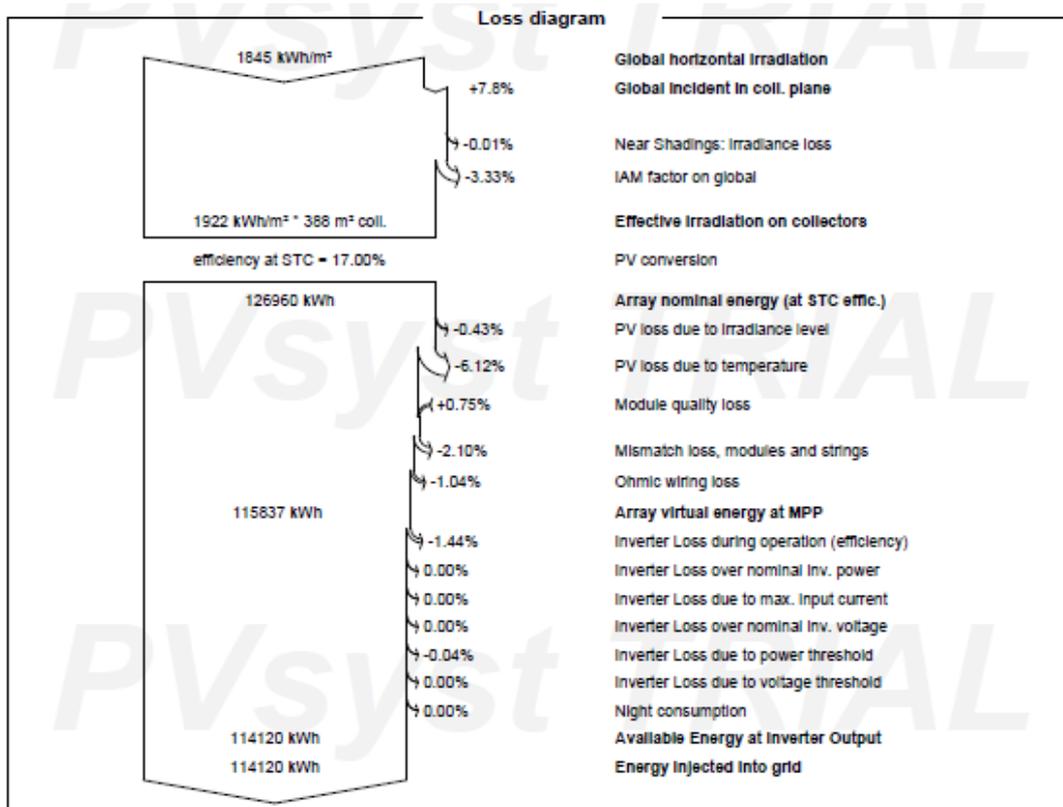


Figura 27: Esquema de pérdidas de los módulos de la pérgola

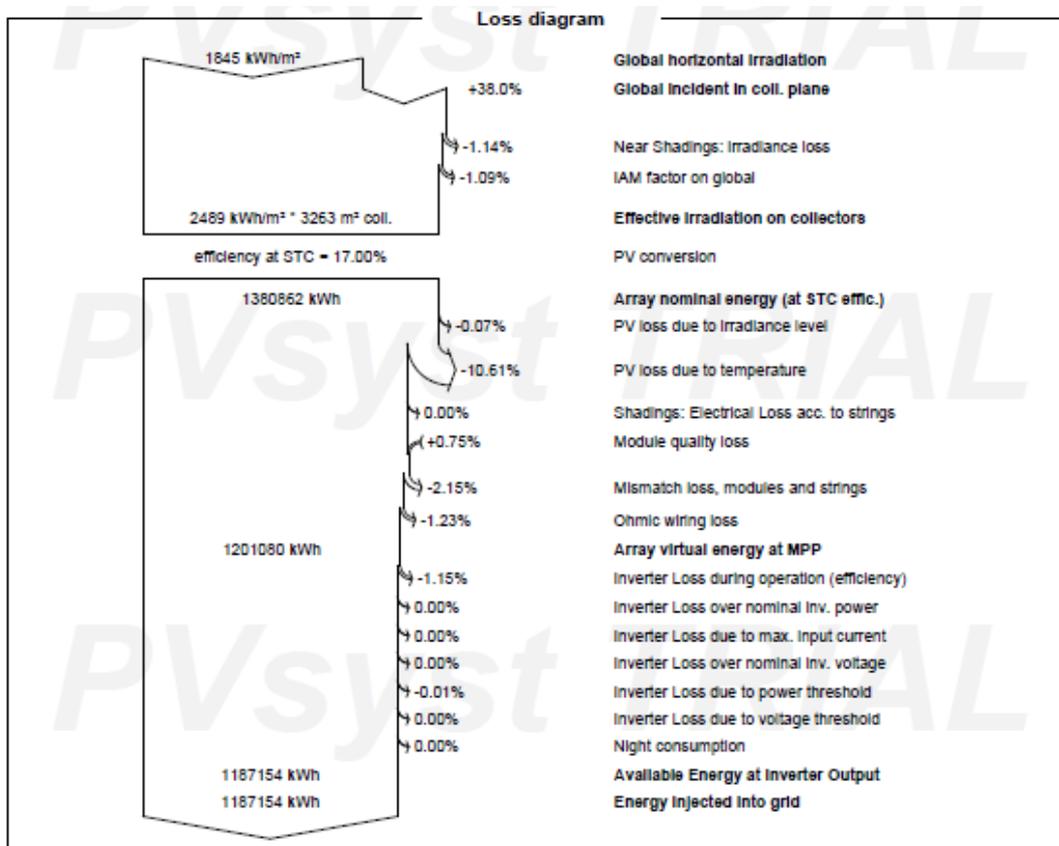


Figura 28: Esquema de pérdidas de los módulos de los seguidores solares

5.2 Distancia mínima entre módulos y número máximo de módulos por string (en serie)

Para evitar que los módulos de los seguidores solares puedan darse sombra entre sí, se calcula a continuación la distancia mínima que deberían respetar observando la *Figura 30*.

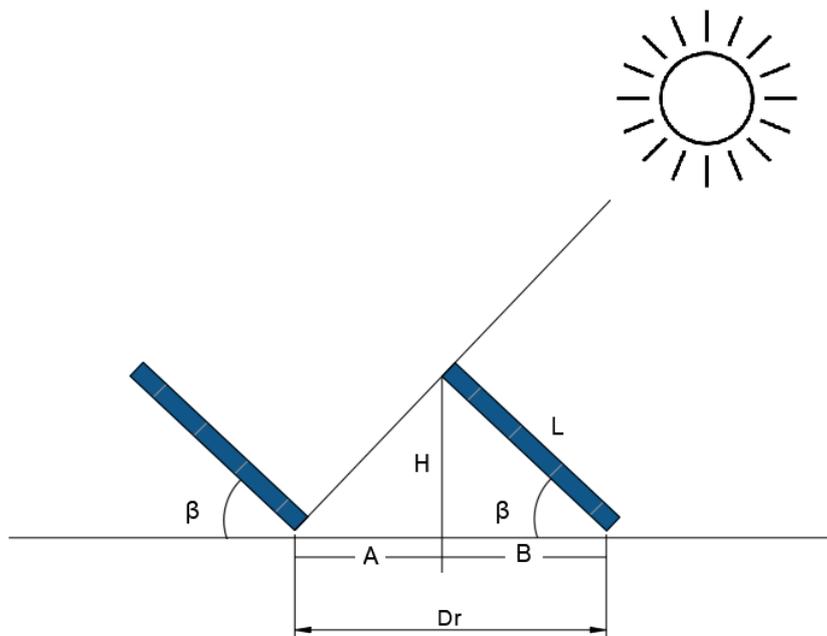


Figura 29: Inclinación de los paneles solares

La fórmula que permite calcular la distancia mínima es la siguiente:

$$A = H / \tan(61^\circ - \text{latitud})$$

$$H = L * \sin \beta$$

$$B = L * \cos \beta$$

$$Dr = A + B$$

Donde:

A = separación entre filas

H = altura de la parte alta del seguidor solar respecto de la parte baja del de la fila posterior

L = longitud total del seguidor solar

B = proyección del seguidor solar en el terreno

Dr = distancia mínima entre seguidores para que no se den sombra entre sí

Introduciendo en la fórmula aportada los datos del proyecto, determinamos a continuación la distancia mínima.

$$H = L * \sin \beta = 2 * 1,96 * \sin 55^\circ = 3,21$$

$$B = L * \cos \beta = 2 * 1,96 * \cos 55^\circ = 2,24$$

$$A = H / \tan(61^\circ - \text{latitud}) = 3,21 / \tan(61 - 37,23) = 7,28$$

$$D_r = A + B = 9,52$$

Por tanto, la distancia mínima entre filas de módulos para evitar sombras es de aproximadamente 10 m.

Además, se calcula el número máximo de paneles que puede contener cada string para evitar que el rango de funcionamiento de los módulos y el inversor no sea adecuado.

$$\text{Módulos en serie} = \frac{U_{cc \max}(\text{inversor})}{V_{oc}(\text{módulos})} = \frac{1100}{46,4} = 23,7$$

Se pueden agrupar hasta 23 módulos por cada serie. En el caso de este proyecto hemos agrupado 20 módulos por string.

5.3 Distancia mínima entre módulos y número máximo de módulos por string (en serie)

Atendiendo a las características de los módulos y del inversor se comprueba a continuación si la configuración elegida es adecuada.

De los módulos se tiene:

- $V_{\max} = 37,65 \text{ V}$
- $I_{\max} = 8,77 \text{ A}$
- $V_{oc} = 46,4 \text{ V}$
- $I_{sc} = 9,28 \text{ A}$

Del inversor se conoce:

- Tensión máxima de entrada = 1.100 V
- Tensión de funcionamiento por MPPT = 541,5 – 850 V
- Corriente de entrada máxima por MPPT = 185 A
- Corriente máxima de cortocircuito = 240 A
- Cantidad de rastreadores MPP = 1/24

De esta forma, la tensión máxima que alcanzará cada una de las filas de módulos es menor a la máxima tensión de entrada que tolera el inversor.

$$20 * 46,7 = 934 \text{ V} < 1.100 \text{ V}$$

Por tanto, cada fila de dos módulos presentará una intensidad y una tensión de:

- Intensidad = 8,77 A
- Tensión = $20 * 46,7 = 934 \text{ V} < 1.100 \text{ V}$

5.4 Secciones del cableado de la instalación

En este apartado se calculan las secciones de los diferentes cables que conformarán la instalación. Para ello se ha utilizado el catálogo Miguélez y atendiendo a los criterios de selección que indica dicho catálogo, se ha utilizado el tipo de cable AFIRENAS para toda la parte correspondiente a la corriente continua

. El tipo de cable RZ1- K (AS) empleado es bipolar, y cuenta con una tensión nominal asignada de 0,6/1 kV operando en continua.

En primer lugar, se aplica el criterio de caída de tensión limitada al 1,5%. Más adelante se aplicará el criterio de máxima intensidad admisible, dimensionando el cable para soportar una intensidad de 125% de la máxima en línea cumpliendo lo establecido en el Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

$$\text{Fórmula caída de tensión: } \Delta V = \frac{2 * I_{l,cc} * L}{R * S}$$

En donde:

- $I_{l,cc}$ = intensidad de línea (A)
- L = longitud del cable (m). Se aplicará un coeficiente de mayoración de 1,2 por codos y similares.
- R = resistencia del cobre
- S = sección del cable (mm²)

Siendo la máxima intensidad admisible: $I_b = 1,25 * I_{max}$, donde I_b es la intensidad de diseño.

En la *Figura 31* se exponen los datos técnicos del catálogo Miguélez, concretamente el tipo de cable es AFIRENAS.

Sección nominal	Espesor aislamiento	Ø exterior	Peso	Resistencia eléctrica máxima a 20°C en C.C	Intensidad máx. adm. enterrado bajo tubo 20°C	Intensidad máx. adm. enterrado bajo tubo 20°C	Intensidad máx. adm. enterrado directamente 20°C	Intensidad máx. admisible al aire 30°C	Intensidad máx. admisible bajo tubo empotrado en pared 30°C	Caida de tensión a 90°C cos φ 0,8	Caida de tensión a 90°C cos φ 1	Radio curvatura
mm ²	mm	mm	kg/km	Ω / km	*1 A	*2 A	*3 A	*4 A	*5 A	V / A km	V / A km	mm
1 x 1,5	0,7	5,7	48	13,3	22	25	-	24	20	24,3	30,0	23
1 x 2,5	0,7	6,2	57	7,98	29	33	-	33	28	14,7	18,0	25
1 x 4	0,7	6,7	72	4,95	37	43	-	45	37	9,26	11,25	27
1 x 6	0,7	7,4	96	3,3	46	54	74	58	48	6,24	7,50	30
1 x 10	0,7	8,2	140	1,91	61	72	99	80	66	3,81	4,50	33
1 x 16	0,7	9,7	200	1,21	79	93	130	107	88	2,12	2,44	39
1 x 25	0,9	11	286	0,78	101	119	166	135	117	1,41	1,56	44
1 x 35	0,9	12,1	380	0,554	122	143	197	169	144	1,050	1,113	49
1 x 50	1	13,7	520	0,386	148	174	239	207	175	0,776	0,779	55
1 x 70	1,1	15,7	700	0,272	178	210	291	268	222	0,590	0,557	63
1 x 95	1,1	17,9	940	0,206	211	248	348	328	269	0,468	0,410	72
1 x 120	1,2	19,6	1170	0,161	240	282	395	383	312	0,399	0,325	79
1 x 150	1,4	21,7	1470	0,129	271	319	442	444	358	0,348	0,260	87
1 x 185	1,6	23,7	1763	0,106	304	358	499	510	408	0,310	0,211	95
1 x 240	1,7	27	2315	0,080	351	413	572	607	481	0,267	0,162	135
1 x 300	1,8	31,4	2880	0,064	396	467	644	703	553	0,239	0,130	157
1 x 400	2	34,8	3631	0,049	464	547	733	823	661	0,236	0,097	174
1 x 500	2,2	42,2	5007	0,038	525	618	821	946	760	0,213	0,078	211
2 x 1,5	0,7	8,2	90	13,3	26	30	-	26	22	24,2	30,0	33
2 x 2,5	0,7	9,1	115	7,98	34	40	-	36	30	14,6	18,0	37
2 x 4	0,7	10,2	165	4,95	44	51	-	49	40	9,20	11,25	41
2 x 6	0,7	11,4	217	3,3	56	66	83	63	51	6,19	7,50	46
2 x 10	0,7	13,1	317	1,91	73	86	111	86	69	3,78	4,50	53
2 x 16	0,7	15,3	457	1,21	95	112	145	115	91	2,42	2,81	62
2 x 25	0,9	17,7	660	0,78	121	142	190	149	119	1,613	1,800	71
2 x 35	0,9	21,88	1016	0,554	146	172	229	185	146	1,198	1,286	88
2 x 50	1	25,48	1416	0,386	173	204	273	225	175	0,887	0,900	128
2 x 70	1,1	29,48	1960	0,272	213	251	331	289	221	0,680	0,643	148

Figura 30. Número de conductores de cables tipo AFIRENAS del catálogo Miguélez

5.4.1. Cableado inversor 1 y 2

- Zona de aparcamiento. Instalación sobre marquesinas a dos aguas.
- 300 módulos fotovoltaicos.
- 20 paneles en serie.
- 15 strings.
- Orientación: -112° (Inversor 1) y 68° (Inversor 2).
- Potencia: 99 kWp.
- Potencia por panel: 330 kWp.
- Vmp: 37,65 V (panel).
- Imp: 8,77 A (panel).
- Potencia zona marquesinas: 198 kWp.
- Longitud máxima teórica: $155 \text{ m} \times 1,2 = 186 \text{ m}$. (Coeficiente mayorado: 20%)

Tramo String	Disposición Paralela	Nº Strings	Longitud(m)	Potencia (W)	Tensión (V)	I (A)	Seccion (mm2)	Caída V	Caída %V	Caída V total
1 y 2 - CP1/2	Marquesina 1	2	40	13200	753	17,54	16	1,51	0,20%	1,32%
3 y 4 - CP1/2	Marquesina 1	2	40	13200	753	17,54	16	1,51	0,20%	1,32%
5 - CP1/2	Marquesina 1	1	40	6600	753	8,77	16	0,76	0,10%	1,22%
1 y 2 - CP1/2	Marquesina 2	2	58	13200	753	17,54	16	2,19	0,29%	1,41%
3 y 4 - CP1/2	Marquesina 2	2	58	13200	753	17,54	16	2,19	0,29%	1,41%
5 - CP1/2	Marquesina 2	1	58	6600	753	8,77	16	1,10	0,15%	1,27%
1 y 2 - CP1/2	Marquesina 3	2	68	13200	753	17,54	16	2,57	0,34%	1,46%
3 y 4 - CP1/2	Marquesina 3	2	68	13200	753	17,54	16	2,57	0,34%	1,46%
5 - CP1/2	Marquesina 3	1	68	6600	753	8,77	16	1,29	0,17%	1,29%
	CP-SALA INVERSORES		186	99000	753	131,55	100	8,44	1,12%	

Tabla 10: Cálculo caídas de tensión Inversor 1/ Inversor 2

5.4.2. Cableado inversor 3

- Zona de aparcamiento. Instalación sobre marquesina.
- 200 módulos fotovoltaicos.
- 20 paneles en serie.
- 10 strings.
- Orientación: 0°.
- Potencia: 66 kWp.
- Potencia por panel: 330 kWp.
- V_{mp} : 37,65 V (panel).
- I_{mp} : 8,77 A (panel).
- Potencia zona marquesinas: 66 kWp.
- Longitud máxima teórica: $150 \text{ m} \times 1,2 = 180 \text{ m}$. (Coeficiente mayorado: 20%)

Tramo String	Disposición Paralela	Nº Strings	Longitud (m)	Potencia(W)	Tensión (V)	I (A)	Seccion (mm2)	Caída V	Caída %V	Caída V Total
1 y 2 - CP 3	Pérgola	2	30	13200	753	17,54	10	1,81	0,24%	1,27%
3 y 4 - CP 3	Pérgola	2	30	13200	753	17,54	10	1,81	0,24%	1,27%
5 - CP 3	Pérgola	1	30	6600	753	8,77	10	0,91	0,12%	1,15%
6 y 7 - CP 3	Pérgola	2	50	13200	753	17,54	10	3,02	0,40%	1,43%
8 y 9 - CP 3	Pérgola	2	50	13200	753	17,54	10	3,02	0,40%	1,43%
10 - CP 3	Pérgola	1	50	6600	753	8,77	10	1,51	0,20%	1,23%
	CP 3 -SALA INVERSORES		180	66000	753	87,7	70	7,78	1,03%	

Tabla 11: Cálculo caídas de tensión Inversor 3

5.4.3. Cableado inversor 4

- Zona de seguidores.
- 340 módulos fotovoltaicos.
- 20 paneles en serie.
- 17 strings.
- Potencia: 112,2 kWp.
- Potencia por panel: 330 kWp.
- Vmp: 37,65 V (panel).
- Imp: 8,77 A (panel).
- Longitud máxima teórica: $95 \text{ m} \times 1,2 = 114 \text{ m}$. (Coeficiente mayorado: 20%)

Tramo String	Disposición Paralela	Nº Strings	Longitud (m)	Potencia (W)	Tensión (V)	I (A)	Seccion (mm ²)	Caída V	Caída %V	Caída V Total
1 y 2 - CP 4	Seguidores	2	40	13200	753	17,54	10	2,42	0,32%	1,43%
3 y 4 - CP 4	Seguidores	2	40	13200	753	17,54	10	2,42	0,32%	1,43%
5 y 6 - CP 4	Seguidores	2	30	13200	753	17,54	10	1,81	0,24%	1,35%
7 y 8 - CP 4	Seguidores	2	30	13200	753	17,54	10	1,81	0,24%	1,35%
9 y 10 - CP 4	Seguidores	2	20	13200	753	17,54	10	1,21	0,16%	1,27%
11 y 12 - CP 4	Seguidores	2	20	13200	753	17,54	10	1,21	0,16%	1,27%
13 y 14 - CP 4	Seguidores	2	2	13200	753	17,54	10	0,12	0,02%	1,13%
15 y 16 - CP 4	Seguidores	2	2	13200	753	17,54	10	0,12	0,02%	1,13%
17 - CP 4	Seguidores	1	20	6600	753	8,77	10	0,60	0,08%	1,19%
	CP 4 - SALA INVERSORES		114	112200	753	149,09	70	8,37	1,11%	

Tabla 12: Cálculo caídas de tensión Inversor 4

5.4.4. Cableado inversor 5

- Zona de seguidores.
- 340 módulos fotovoltaicos.
- 20 paneles en serie.
- 17 strings.
- Potencia: 112,2 kWp.
- Potencia por panel: 330 kWp.
- V_{mp} : 37,65 V (panel).
- I_{mp} : 8,77 A (panel).
- Longitud máxima teórica: $85 \text{ m} \times 1,2 = 102 \text{ m}$. (Coeficiente mayorado: 20%)

Tramo String	Disposición Paralela	Nº Strings	Longitud (m)	Potencia (W)	Tensión (V)	I (A)	Seccion (mm ²)	Caída V	Caída %V	Caída V Total
1 y 2 - CP 5	Seguidores	2	40	13200	753	17,54	10	2,42	0,32%	1,32%
3 y 4 - CP 5	Seguidores	2	40	13200	753	17,54	10	2,42	0,32%	1,32%
5 y 6 - CP 5	Seguidores	2	30	13200	753	17,54	10	1,81	0,24%	1,24%
7 y 8 - CP 5	Seguidores	2	30	13200	753	17,54	10	1,81	0,24%	1,24%
9 y 10 - CP 5	Seguidores	2	20	13200	753	17,54	10	1,21	0,16%	1,16%
11 y 12 - CP 5	Seguidores	2	20	13200	753	17,54	10	1,21	0,16%	1,16%
13 y 14 - CP 5	Seguidores	2	2	13200	753	17,54	10	0,12	0,02%	1,01%
15 y 16 - CP 5	Seguidores	2	2	13200	753	17,54	10	0,12	0,02%	1,01%
17 - CP 5	Seguidores	1	15	6600	753	8,77	10	0,45	0,06%	1,06%
	CP 5 -SALA INVERSORES		102	112200	753	149,09	70	7,49	0,99%	

Tabla 13: Cálculo caídas de tensión Inversor 5

5.4.5. Cableado inversor 6

- Zona de seguidores.
- 340 módulos fotovoltaicos.
- 20 paneles en serie.
- 17 strings.
- Potencia: 112,2 kWp.
- Potencia por panel: 330 kWp.
- Vmp: 37,65 V (panel).
- Imp: 8,77 A (panel).
- Longitud máxima teórica: $60 \text{ m} \times 1,2 = 72 \text{ m}$. (Coeficiente mayorado: 20%)

Tramo String	Disposición Paralela	Nº Strings	Longitud (m)	Potencia (W)	Tensión (V)	I (A)	Seccion (mm2)	Caída V	Caída %V	Caída V Total
1 y 2 - CP 6	Seguidores	2	40	13200	753	17,54	10	2,42	0,32%	1,02%
3 y 4 - CP 6	Seguidores	2	40	13200	753	17,54	10	2,42	0,32%	1,02%
5 y 6 - CP 6	Seguidores	2	30	13200	753	17,54	10	1,81	0,24%	0,94%
7 y 8 - CP 6	Seguidores	2	30	13200	753	17,54	10	1,81	0,24%	0,94%
9 y 10 - CP 6	Seguidores	2	20	13200	753	17,54	10	1,21	0,16%	0,86%
11 y 12 - CP 6	Seguidores	2	20	13200	753	17,54	10	1,21	0,16%	0,86%
13 y 14 - CP 6	Seguidores	2	2	13200	753	17,54	10	0,12	0,02%	0,72%
15 y 16 - CP 6	Seguidores	2	2	13200	753	17,54	10	0,12	0,02%	0,72%
17 - CP 6	Seguidores	1	40	6600	753	8,77	10	1,21	0,16%	0,86%
	CP 6 -SALA INVERSORES		72	112200	753	149,09	70	5,29	0,70%	

Tabla 14: Cálculo de caídas de tensión Inversor 6

5.4.6. Cableado inversor 7

- Zona de seguidores.
- 340 módulos fotovoltaicos.
- 20 paneles en serie.
- 17 strings.
- Potencia: 112,2 kWp.
- Potencia por panel: 330 kWp.
- V_{mp} : 37,65 V (panel).
- I_{mp} : 8,77 A (panel).
- Longitud máxima teórica: $45 \text{ m} \times 1,2 = 54 \text{ m}$. (Coeficiente mayorado: 20%)

Tramo String	Disposición Paralela	Nº Strings	Longitud (m)	Potencia (W)	Tensión (V)	I (A)	Seccion (mm2)	Caída V	Caída %V	Caída V Total
1 y 2 - CP 7	Seguidores	2	40	13200	753	17,54	10	2,42	0,32%	0,85%
3 y 4 - CP 7	Seguidores	2	40	13200	753	17,54	10	2,42	0,32%	0,85%
5 y 6 - CP 7	Seguidores	2	30	13200	753	17,54	10	1,81	0,24%	0,77%
7 y 8 - CP 7	Seguidores	2	30	13200	753	17,54	10	1,81	0,24%	0,77%
9 y 10 - CP 7	Seguidores	2	20	13200	753	17,54	10	1,21	0,16%	0,69%
11 y 12 - CP 7	Seguidores	2	20	13200	753	17,54	10	1,21	0,16%	0,69%
13 y 14 - CP 7	Seguidores	2	2	13200	753	17,54	10	0,12	0,02%	0,54%
15 y 16 - CP 7	Seguidores	2	2	13200	753	17,54	10	0,12	0,02%	0,54%
17 - CP 7	Seguidores	1	40	6600	753	8,77	10	1,21	0,16%	0,69%
	CP 7 - SALA INVERSORES		54	112200	753	149,09	70	3,97	0,53%	

Tabla 15: Cálculo de caídas de tensión Inversor 7

5.4.7. Cableado inversor 8

- Zona de seguidores.
- 320 módulos fotovoltaicos.
- 20 paneles en serie.
- 16 strings.
- Potencia: 105,6 kWp.
- Potencia por panel: 330 kWp.
- Vmp: 37,65 V (panel).
- Imp: 8,77 A (panel).
- Longitud máxima teórica: 15 m x 1,2 = 18 m. (Coeficiente mayorado: 20%)

Tramo String	Disposición Paralela	Nº Strings	Longitud (m)	Potencia (W)	Tensión (V)	I (A)	Seccion (mm2)	Caída V	Caída %V	Suma caída de tensión
1 y 2 - CP 8	Seguidores	2	40	13200	753	17,54	10	2,42	0,32%	0,49%
3 y 4 - CP 8	Seguidores	2	40	13200	753	17,54	10	2,42	0,32%	0,49%
5 y 6 - CP 8	Seguidores	2	30	13200	753	17,54	10	1,81	0,24%	0,41%
7 y 8 - CP 8	Seguidores	2	30	13200	753	17,54	10	1,81	0,24%	0,41%
9 y 10 - CP 8	Seguidores	2	20	13200	753	17,54	10	1,21	0,16%	0,33%
11 y 12 - CP 8	Seguidores	2	20	13200	753	17,54	10	1,21	0,16%	0,33%
13 y 14 - CP 8	Seguidores	2	2	13200	753	17,54	10	0,12	0,02%	0,18%
15 y 16 - CP 8	Seguidores	2	2	13200	753	17,54	10	0,12	0,02%	0,18%
	CP 8 - SALA INVERSORES		18	105600	753	140,32	70	1,24	0,17%	

Tabla 16: Cálculo de caídas de tensión Inversor 8

Los cables de conexión están dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la intensidad máxima resultante. El resultado del cálculo aplicando las fórmulas descritas con anterioridad, es de un cumplimiento satisfactorio de las condiciones a intensidad máxima admisible, por lo que es más restrictivo el criterio de caída de tensión anteriormente desarrollado, por el que finalmente se han seleccionado los cables.

5.5 Canalizaciones de la instalación

Para conocer las canalizaciones por las que se distribuirán los cables de la instalación fotovoltaica es necesario conocer de antemano la sección de estos, datos que ya se tienen. Los cables serán conducidos en canalizaciones subterráneas dispuestas en zanjas. La instrucción específica con las características mínimas de los tubos en canalizaciones enterradas, conforme a lo establecido por la norma UNE-EN 50086 2-4, se muestra en la

Tabla 17.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada
Notas:		
NA: No aplicable		
(*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal		

Tabla 17: Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas

Considerando suelo ligero en el presente emplazamiento, los tubos a colocar tienen un diámetro que posibilita el alojamiento fácil de los cables. Asimismo, los tubos tienen un diámetro exterior mínimo seleccionado en función del número y sección de conductores o cables a conducir, como se muestra en la Tabla 18.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	≤ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	—

Tabla 18: Diámetros exteriores mínimos de tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir

Para más de 10 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a cuatro veces la sección ocupada por los conductores.

La tabla descrita con anterioridad relaciona los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir, dando a conocer los diámetros exteriores de los tubos a emplear.

Se deduce, para las distintas secciones calculadas, los diámetros exteriores de los tubos como los mostrados en la *Tabla 19*.

Circuito Inversor	Tramo	Sección nominal conductor RZ1-K	Diámetros Exterior del tubo (mm)
1 y 2	Módulos – CP 1/2	16	63
	CP 1/2 - Inversor	50	110
3	Módulos – CP 3	10	63
	CP 3 - Inversor	70	125
4	Módulos – CP 4	10	63
	CP 4 - Inversor	70	125
5	Módulos – CP 5	10	63
	CP 5 - Inversor	70	125
6	Módulos – CP 6	10	63
	CP 6 - Inversor	70	125
7	Módulos – CP 7	10	63
	CP 7 - Inversor	70	125
8	Módulos – CP 8	10	63
	CP 8 - Inversor	70	125

Tabla 19: Diámetro exterior de tubo resultante de proyecto

6 IMPACTO AMBIENTAL

Al hablar de las características de la energía solar, es importante destacar que es una fuente limpia e inagotable. El término “inagotable” se utiliza porque no se espera que el Sol se extinga hasta dentro de varios miles de millones de años.

Uno de los beneficios más notables de la energía solar fotovoltaica es la reducción de la factura eléctrica mensual para los consumidores. No obstante, es importante examinar también el impacto ambiental de esta forma de generación de energía y determinar si existen efectos negativos. [1]

En realidad, el impacto ambiental de la energía solar fotovoltaica es nulo o prácticamente nulo, ya que la producción de energía a través de módulos fotovoltaicos no afecta negativamente al entorno. Es decir, generar electricidad mediante sistemas fotovoltaicos no implica procesos químicos ni la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera, a diferencia de los combustibles fósiles. Además, cabe destacar que hoy en día se siguen mejorando las técnicas de captura de energía, habiéndose logrado avances significativos recientemente.

Sin embargo, la energía solar fotovoltaica tiene un pequeño impacto ambiental indirecto. La fabricación de los módulos fotovoltaicos requiere de materiales tóxicos como la plata y el cadmio. Aún así, esta contaminación es prácticamente insignificante en comparación con la provocada por los combustibles fósiles.

Expertos del Consejo Europeo de Innovación (EIC) y otras plataformas relevantes afirman que la generación de CO₂ se reduce considerablemente con la energía solar, lo que contribuye a disminuir el efecto invernadero y el calentamiento global. Además, señalan que en 2006 se necesitaban alrededor de diez años para compensar las emisiones generadas, mientras que hoy en día solo se requieren dos años gracias a la energía solar fotovoltaica. [2]

Además, la contaminación derivada del proceso de fabricación de los módulos está disminuyendo, con vistas a producir módulos con una eficiencia del 100% en el futuro. También se planea utilizar materiales de paneles solares que han llegado al final de su vida útil, reduciendo así su toxicidad a niveles mínimos o inexistentes.

En cuanto a los paneles de silicio, este material es abundante en nuestro entorno, lo que significa que no se requieren grandes extracciones que alteren la superficie terrestre.

En resumen, se puede concluir que la energía solar no es contaminante, ni como energía en sí, ni a la hora de aprovecharla mediante la utilización de paneles solares fotovoltaicos.

7 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Antes de comenzar las obras de este proyecto, es esencial realizar un Estudio Básico de Seguridad y Salud. Esto permitirá evaluar los peligros y establecer medidas preventivas conforme a lo establecido en el Real Decreto 605/2006 del 19 de mayo, por el que se aprueban los procedimientos para la aplicación de la norma UNE-EN 197-2:2000 a los cementos no sujetos al marcado CE y a los centros de distribución de cualquier tipo de cemento; y en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, que se incluyen en la normativa de aplicación del apartado dos de la memoria.

El objetivo principal de este estudio consiste en describir los equipos y otros elementos auxiliares que se utilizarán durante la ejecución del proyecto para prevenir accidentes, enfermedades y otros aspectos relacionados con la salud y la higiene de los trabajadores.

Además, es necesario informar sobre los diferentes riesgos laborales que pueden surgir durante la obra y las medidas de prevención que deben adoptarse para minimizarlos en la mayor medida posible.

A través de este estudio, el contratista de la obra podrá elaborar un Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, que se encargará de estudiar, desarrollar y complementar las previsiones mínimas necesarias.

A continuación, se presentan algunos riesgos laborales a considerar en este tipo de obras.

7.1 Riesgos Laborales

Algunos de los posibles riesgos laborales que se pueden producir a lo largo del proyecto son:

- Caída de materiales.
- Golpes en la cabeza durante el montaje de módulos, canalizaciones, equipos y armarios de conexión.
- Atrapamiento de extremidades.
- Cortes en manos.
- Quemaduras por descargas eléctricas.
- Electrocuciiones.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.

En general, los posibles riesgos que pueden ocurrir se pueden clasificar según la *Tabla 10*.

		CONSECUENCIAS		
		LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTREMADAMENTE DAÑINO
PROBABILIDAD	BAJA	Riesgo Trivial	Riesgo Tolerable	Riesgo Moderado
	MEDIA	Riesgo Tolerable	Riesgo Moderado	Riesgo Alto
	ALTA	Riesgo Moderado	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto

Tabla 20: Probabilidad de riesgos laborales

Donde :

- Riesgo trivial: no se requiere acción específica.
- Riesgo tolerable: no se necesita la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
- Riesgo moderado: se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado a consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
- Riesgo alto: no debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
- Riesgo muy alto: no debe comenzarse ni continuarse el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo. [3]

7.2 Medidas de prevención

Una parte de las normas de obligado cumplimiento que aparecen en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre son:

- Los elementos punzantes y cortantes deberán situarse a menos de dos metros de altura y correctamente señalizados y protegidos.
- Utilizar escaleras a mano que sean de tijera.
- Se utilizarán elementos aislantes a la hora de realizar conexiones y empalmes.
- No se utilizarán directamente los terminales de conductores a modo de toma de corriente.
- Protección de las instalaciones auxiliares de la obra ante el paso de maquinaria o de personas.
- Trabajar en líneas sin tensión.
- Utilizar calzado de seguridad aislante y con suela antideslizante.
- Utilizar guantes aislantes.
- Usar casco de seguridad para evitar golpes y caídas de materiales en la cabeza.
- Ante posibles golpes y cortes utilizar guantes de cuero.
- Utilización del cinturón de seguridad para prevenir posibles caídas.
- Hacer uso de cuerdas de seguridad para fijación del cinturón con las medidas adecuadas.
- Instalar redes y barandillas de protección para evitar caídas al vacío.

7.3 Primeros auxilios

Será necesario disponer de un local con botiquín de primeros auxilios, en el que se den las primeras atenciones sanitarias a los posibles accidentados. El botiquín contendrá como mínimo:

- Un frasco conteniendo agua oxigenada.
- Un frasco conteniendo alcohol de 96 grados.
- Un frasco conteniendo mercurio cromo.
- Una caja de gasa estéril.
- Una caja de algodón hidrófilo estéril.
- Un rollo de esparadrapo.
- Un torniquete.
- Una bolsa para agua o hielo.
- Una bolsa conteniendo guantes esterilizados.
- Una caja de apósitos autoadhesivos.
- Una caja de analgésicos.
- Un tubo de pomada para quemaduras.

8 MEDICIONES Y PRESUPUESTO

En la *Tabla 21* se exponen las mediciones y los presupuestos realizados para este proyecto. El presupuesto total es de 507.799,28€

MEDICIONES Y PRESUPUESTO					507.799,28 €
		Cantidad	Precio	Importe	Total
Capítulo 01:	PANELES FOTOVOLTAICOS				
01.01	u SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MÓDULOS FV				300.675,20 €
	Suministro e instalación de módulo fotovoltaico JAP72S01 330/Wp. Totalmente instalados, incluido transporte y descarga en obra, parte proporcional de conectores y piezas auxiliares para su correcto funcionamiento	2480,00	121,24 €	300.675,20 €	
Capítulo 02:	INVERSORES				49.286,96 €
02.01	u SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE INVERSORES INGECON				
	Suministro e instalación de inversores trifásicos de 100kW de potencia INGECON SUN 3PLAY 100TL. Incluido parte proporcional de medios auxiliares para su correcto funcionamiento y puesta en marcha. En esta partida también se encuentra incluida la estructura auxiliar para la correcta fijación de los mismos.	8	6.160,87 €	49.286,96 €	
Capítulo 03:	ESTRUCTURA Y SEGUIDORES				96.044,00 €
03.01	u SUMINISTRO DE SEGUIDORES SOLARES				
	Suministro de seguidores solares Solar Steel modelo TracSamrt T+, incluido transporte hasta obra, parte proporcional de guiado de cables TS+ y elementos de Puesta a Tierra, y piezas auxiliares para su correcto funcionamiento	21	2.881,35 €	60.508,35 €	
03.02	u SUMINISTRO DE MARQUESINAS MONOPOSTE				
	Suministro de marquesinas de aparcamiento modelo OVE MONOPOSTE incluidas placas de anclaje tornillería y todos los elementos auxiliares necesarios para su instalación	3	9.340,00 €	28.020,00 €	
03.03	u SUMINISTRO DE MARQUESINAS BIPOSTE				
	Suministro de marquesinas de aparcamiento modelo ST-TNE biposte, incluidas placas de anclaje, tornillería y todos los elementos auxiliares necesarios para su instalación	1	7.515,65 €	7.515,65 €	
Capítulo 04:	OBRA CIVIL				11.135,00 €
04.01	PREPARACION TERRENO SEGUIDORES SOLARES				

	u talado de los árboles, destocone, desbroce y limpieza, aplicación de fitosanitarios y posterior nivelación del terreno, de aproximadamente 1 Ha, incluido el tendido de malla antihierba G-100 y capa de grava 10/40	1	3.392,70 €	3.392,70 €	
04.02	ZANJAS Y CANALIZACIONES ELÉCTRICAS				
	ml apertura y cierre de zanja, en terreno de consistencia media, hasta una profundidad de 90 cm y 60 cm de ancho, para conducción de 2 tubos corrugados de PVC de 200 mm de diámetro, incluyendo los tubos de instalaciones, aportación de arena de río para cubrir los tubos de la canalización y cinta de señalización, incluida cinta de señalización, excavación, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación y canon de vertido, p.p. de protección en cruce bajo vial, totalmente acabada	73	14,10 €	1.029,30 €	
	ml apertura y cierre de zanja, en terreno de consistencia media, hasta una profundidad de 115 cm y 60 cm de ancho, para conducción de 4 tubos corrugados de PVC de 200 mm de diámetro, incluyendo los tubos de instalaciones, aportación de arena de río para cubrir los tubos de la canalización y cinta de señalización, incluida cinta de señalización, excavación, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación y canon de vertido, p.p. de protección en cruce bajo vial, totalmente acabada	274	24,50 €	6.713,00 €	
Capítulo 05:	INSTALACIÓN ELÉCTRICA				33.592,92 €
06.01	CABLEADO CORRIENTE CONTINUA				
	ml Suministro de conductor eléctrico de cobre 1x16mm ² RV-K 0,6/1 kV, incluye p.p. de conectores MC4, bridas, punteras y etiquetado	996	3,48 €	3.466,08 €	
	ml Suministro de conductor eléctrico de cobre 1x10mm ² RV-K 0,6/1 kV, incluye p.p. de conectores MC4, bridas, punteras y etiquetado	1275	2,26 €	2.881,50 €	
	ml Suministro de conductor eléctrico de cobre 1x50mm ² RV-K 0,6/1 kV, incluye p.p. de conectores MC4, bridas, punteras y etiquetado	744	10,72 €	7.975,68 €	
	ml Suministro de conductor eléctrico de cobre 1x70mm ² RV-K 0,6/1 kV, incluye p.p. de conectores MC4, bridas, punteras y etiquetado	540	15,30 €	8.262,00 €	
06.02	CABLEADO CORRIENTE ALTERNA				
	ml Suministro e instalación de circuito eléctrico de cobre de 2x(3x150)mm ² RV-K 0,6/1 Kv entre inversores y Cuadro General CA	114	86,00 €	9.804,00 €	

06.03	PUESTA A TIERRA				
	ml Suministro de conductor eléctrico de cobre desnudo 1x35mm ² , para instalar en zanjas, incluyendo terminales para fijación a estructuras. Según REBT.	386	2,79 €	1.076,94 €	
	ml Suministro de pica de puesta a tierra formada por electrodo de acero recubierto de cobre de 14mm de diámetro y 1,5 metros de longitud, incluida grapa. Según REBT.	24	5,28 €	126,72 €	
Capítulo 06:	CUADROS ELÉCTRICOS CC/CA				15.470,00 €
07.01	CUADRO PROTECCIÓN AC				
	u Suministro de armario metálico de 2000x1300x400 para conexionado de 8 inversores solares, formador por 8 interruptores automáticos III-100A 800 Vac, y un interruptor general de III-1200A 800 Vac, y un interruptor diferencial III-1200A 800 Vac incluida placa de montaje, cableado interno, embarrado y pequeño material, totalmente montado. Según REBT.	1	15.470,00 €	15.470,00 €	
Capítulo 07:	SEGURIDAD Y SALUD				1.595,20 €
11.01	PROTECCIÓN INDIVIDUAL				
	u EPIS personal compuesto por casco de seguridad completo, chaleco alta visibilidad, gafas de seguridad y guantes.	10	64,64 €	646,40 €	
11.02	PROTECCIÓN COLECTIVA				
	u Escaleras de seguridad	2	129,99 €	259,98 €	
	u Orden y Limpieza	20	30,00 €	600,00 €	
11.03	MEDIOS Y SERVICIOS PRIMEROS AUXILIOS				
	u Botiquín completo según PSS	1	23,11 €	23,11 €	
11.04	SEÑALIZACIÓN E INDICATIVOS SEGURIDAD, MEDIDAS CI				
	u Señalización de seguridad en obra	3	14,31 €	42,93 €	
	u Extintor	1	22,78 €	22,78 €	

Tabla 21: Mediciones y presupuesto del proyecto

9 ESQUEMAS UNIFILARES

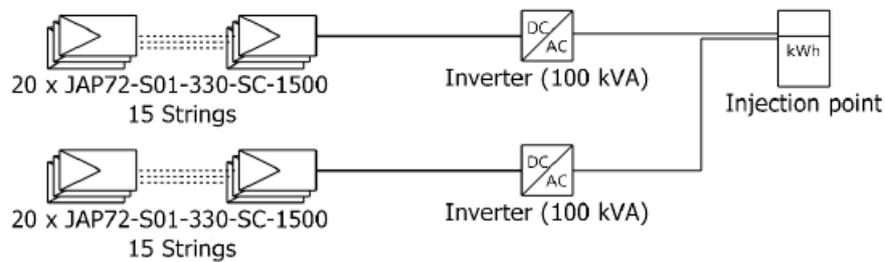
A continuación, se detallan los esquemas unifilares de los ocho inversores para los tres tipos de instalación de los módulos fotovoltaicos: en marquesinas a dos aguas, en pérgola y en seguidores solares.

En la *Figura 32*, se indica el esquema unifilar aportado por el programa PVSYST de los inversores 1 y 2 que pertenecen a las marquesinas de aparcamiento a dos aguas.



PVsyst V7.4.7
VC0, Simulation date:
28/05/24 15:28
with V7.4.7

Single-line diagram



PV module	JAP72-S01-330-SC-1500
Inverter	Ingecon Sun 100TL 400V
String	20 x JAP72-S01-330-SC-1500

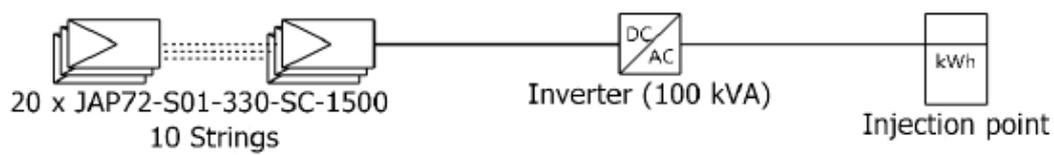
Figura 31: Esquema unifilar inversores 1 y 2

En la *Figura 33* se detalla el esquema unifilar del inversor 3, perteneciente a la marquesina tipo pérgola.



PVsyst V7.4.7
VC1, Simulation date:
27/05/24 21:19
with V7.4.7

Single-line diagram



PV module	JAP72-S01-330-SC-1500
Inverter	Ingecon Sun 100TL 400V
String	20 x JAP72-S01-330-SC-1500

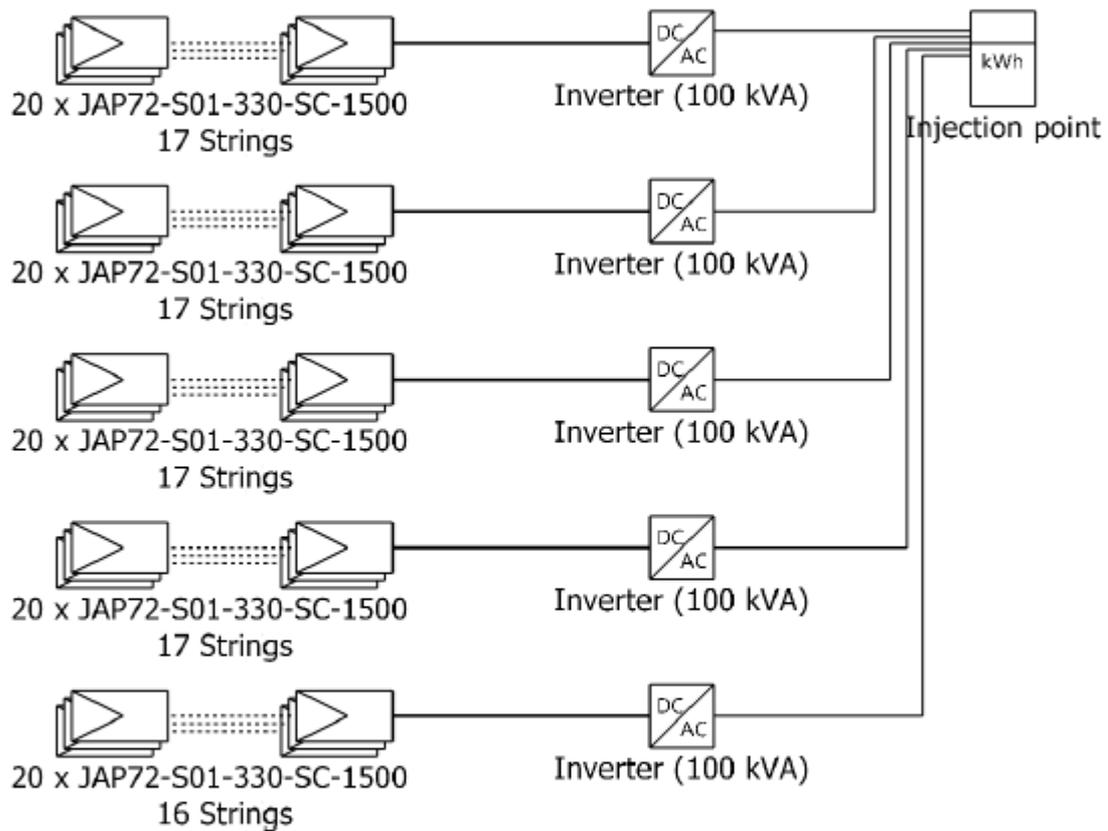
Figura 32: Esquema unifilar inversor 3

Por último, en la *Figura 34* se detallan los esquemas unifilares de los inversores 4 al 8 que pertenecen a los seguidores solares.



PVsyst V7.4.7
 VC2, Simulation date:
 27/05/24 21:21
 with V7.4.7

Single-line diagram



PV module	JAP72-S01-330-SC-1500
Inverter	Ingecon Sun 100TL 400V
String	20 x JAP72-S01-330-SC-1500

Figura 33: Esquema unifilar inversores 4, 5, 6, 7 y 8

10 CONCLUSIONES

La conclusión principal que se puede sacar es que la energía solar fotovoltaica es altamente rentable, sobre todo a nivel de ahorro energético, pues permite recuperar las inversiones realizadas en un periodo pequeño de tiempo.

Además, en este caso se está hablando de grandes instalaciones, cuyas inversiones son notoriamente mayores que las que se puedan realizar en viviendas particulares o edificios residenciales. En estos casos, aun no siendo el tipo de edificios que se traten en este proyecto, se concluye que también es aconsejable realizar este tipo de inversiones, pues pueden llegar a rentabilizarse en poco tiempo también.

11 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Candela Aznar, 9 mayo 2022. Los beneficios medioambientales de la energía solar. Recuperado de: <https://1komma5grad.com/es/blog/placas-solares/los-beneficios-medioambientales-de-la-energia-solar>. Consultado el 24/06/2024.

- [2] Impacto ambiental de la energía solar fotovoltaica. Recuperado de: [https://solarplak.es/energia/cual-es-el-impacto-ambiental-de-la-energia-solar-fotovoltaica/#:~:text=Para%20aprovechar%20la%20energ%C3%ADa%20solar,global%20\(o%20efecto%20invernadero\)](https://solarplak.es/energia/cual-es-el-impacto-ambiental-de-la-energia-solar-fotovoltaica/#:~:text=Para%20aprovechar%20la%20energ%C3%ADa%20solar,global%20(o%20efecto%20invernadero)). Consultado el 24/06/2024.

- [3] Matriz de riesgos. Recuperado de: <https://www.coordinacae.com/blog/matriz-de-riesgos/>. Consultado el 26/06/2024.

- [4] Ecofener(2019). Tipos de paneles solares. Recuperado de: <https://ecofener.com/blog/tipos-de-paneles-solares/>. Consultado el 15/06/2024.

- [5] Prensaestopa, arandela y tuerca. Recuperado de: <https://www.suministroselectricos.es/material-electrico/armarios-cuadros-de-distribucion-y-cajas/armarios-poliester/accesorios-amarios-poliester/kit-m25-prensaestopa-junta-contratuerca-para-cableo-13-18mmsolera-kit-pl25g>. Consultado el 10/06/2024.