



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

## TRABAJO FIN DE MÁSTER INSTALACIÓN DE PLACAS SOLARES EN NAVE INDUSTRIAL PARA AUTOCONSUMO

Autor: Marta Sanz Taboada

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Julio de 2020



Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
**“Instalación de placas solares en nave industrial para autoconsumo”**

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico **2019/20** es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Marta Sanz Taboada

Fecha: 21/ 07/2020

*mst.*

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

**MATA GARCIA LUIS  
JAVIER - 09793455D**

Firmado digitalmente por MATA  
GARCIA LUIS JAVIER - 09793455D  
Fecha: 2020.07.20 17:01:07  
+02'00'

Fdo.: Luis Javier Mata García

Fecha: 21/ 07/ 2020





**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

## TRABAJO FIN DE MÁSTER INSTALACIÓN DE PLACAS SOLARES EN NAVE INDUSTRIAL PARA AUTOCONSUMO

Autor: Marta Sanz Taboada

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Julio de 2020



# “INSTALACIÓN DE PLACAS SOLARES EN NAVE INDUSTRIAL PARA AUTOCONSUMO”

**Autor: Sanz Taboada, Marta.**

Director: Mata García, Luis Javier.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## RESUMEN DEL PROYECTO

### 1. Introducción

La energía eléctrica se considera la necesidad primaria mundial por excelencia, pues desempeña un papel fundamental en nuestro día a día, especialmente en el sector industrial. Su generación ha estado basada principalmente en la explotación de recursos no renovables tales como el carbón, el petróleo o el gas natural lo que ha traído consigo significantes efectos nocivos en la atmósfera causantes del calentamiento global.

En los últimos años, la creciente preocupación relacionada con el cambio climático y la dependencia energética de ciertos países, ha conllevado a una concienciación a nivel mundial sobre la necesidad de implementar cambios en el modelo energético actual. Es por ello que, en 1997, se firmó el Protocolo de Kioto, un acuerdo internacional que tenía por objeto la reducción de las emisiones de los gases responsables del efecto invernadero en los años venideros promoviendo una política medioambiental fundada en el aprovechamiento de fuentes limpias y renovables.

En el caso de España en particular, el 37% de la electricidad generada en el último año procede de recursos renovables. La alta dependencia energética que tiene nuestro país debido a la ausencia de reservas de combustibles fósiles revela la urgente necesidad de definir un modelo de planta generadora responsable con el medio ambiente y eficaz para lograr aumentar progresivamente este porcentaje en los próximos años. Siendo España uno de los países integrantes de Europa con mayor número de horas de sol anuales, resulta evidente que la tecnología fotovoltaica se presenta como una de las soluciones más adecuadas a sus problemas energéticos.

### 2. Definición del proyecto

El presente proyecto, en un afán por promover el desarrollo sostenible buscando el máximo ahorro posible y la mayor rentabilidad, propone la instalación de paneles solares fotovoltaicos en la cubierta de una nave industrial conectada a la red.

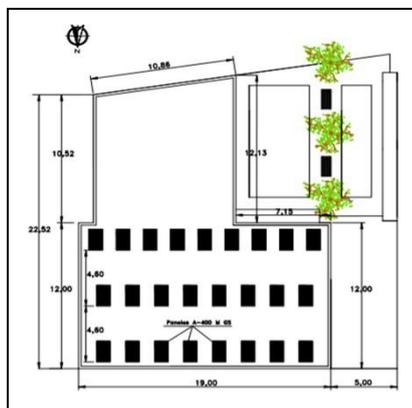
El modelo a diseñar buscará lograr aportar entre el 30% y el 40% del consumo eléctrico diario total anual de la nave industrial y la instalación fotovoltaica se constituirá como un sistema de autoconsumo instantáneo sin almacenamiento en baterías.

El diseño, dimensionamiento y disposición de los paneles solares buscará la configuración óptima tratando de aprovechar al máximo la radiación solar haciendo que la mayor parte de la energía producida se consuma en la nave para así ahorrar en costes de energía importada de la red. Asimismo, la no utilización de baterías favorecerá maximizar la rentabilidad pues éstas poseen unos costes bastante elevados, tanto de adquisición como mantenimiento.

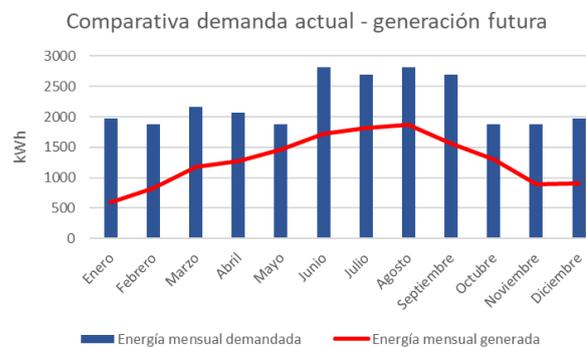
Además del diseño de la instalación, se encontrará en el trabajo un estudio de viabilidad y rentabilidad económica, donde se incluirá el ahorro total anual derivado del desarrollo del presente proyecto, así como su período de amortización.

### 3. Resultados del proyecto

A partir de los datos de radiación solar en la zona de emplazamiento de la instalación y de la estimación del consumo de potencia eléctrica en la nave industrial, se determina que se deben instalar en la cubierta de la misma 25 paneles solares de 10 kW de potencia pico consiguiendo aportar el 36,2% de la demanda de energía eléctrica anual. La disposición final de los paneles sería la que sigue:



*Disposición de los paneles en la cubierta de la nave industrial*



*Curva generación-demanda mensual*

Como se aprecia en la anterior gráfica, mediante la configuración seleccionada de los paneles se busca lograr que prácticamente la totalidad de la energía generada se consuma en la nave, consiguiendo así una mayor rentabilidad del proyecto.

En cuanto al estudio económico, se obtienen resultados favorables demostrando que el proyecto de instalación de paneles solares es tanto viable como rentable. Los resultados económicos obtenidos se presentan a continuación:

<b>Payback (años)</b>	7,60
<b>VAN (€)</b>	9908,07
<b>TIR (%)</b>	12,50

*Rentabilidad de la inversión del presente proyecto*

#### **4. Conclusiones**

Los resultados obtenidos tras la realización del presente proyecto resultan especialmente satisfactorios. Además de contribuir con el cuidado del medio ambiente, también resulta económicamente rentable para la entidad industrial a la que va destinado.

Por lo tanto, se concluye que las instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo son una buena alternativa a las fuentes de energía no renovables, ya que además de que no generan efectos dañinos en el ambiente, resultan rentables para el destinatario.



# **“INSTALLATION OF SOLAR PANELS IN AN INDUSTRIAL BUILDING FOR SELF-CONSUMPTION”**

**Author: Sanz Taboada, Marta.**

Supervisor: Mata García, Luis Javier.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## **ABSTRACT**

### **1. Introduction**

Electric power is considered to be the world’s primary need par excellence, as it plays a fundamental role in our day to day, especially in the industrial sector. Its generation has been based mainly on the exploitation of non-renewable resources such as coal, oil or natural gas, which has led to significant harmful effects on the atmosphere causing global warming.

In recent years, the growing concern related with climate change and the energy dependence of certain countries has led to global awareness of the need to implement changes in the current energy model. That is why, in 1997, the Kyoto Protocol was signed, an international agreement that aimed to reduce greenhouse gas emissions in the upcoming years by promoting an environmental policy based on the use of renewable clean energy sources.

In the case of Spain in particular, 37% of the electricity produced in the last years comes from renewable sources. The high energy dependence of our country due to the lack of fossil fuels reserves reveals the urgent need to define an environmentally responsible and efficient generating plant model to progressively increase this proportion of electricity from renewable energy sources in the following years. As Spain is one of the member countries of Europe with the highest number of annual hours of sunshine, it is evident that photovoltaic technology is presented as one of the most appropriate solutions to its energy problems.

### **2. Project description**

The present project, in an effort to promote sustainable development seeking the maximum possible savings and the highest profitability, proposes the installation of photovoltaic solar panels on the roof of an industrial building connected to the electricity grid.

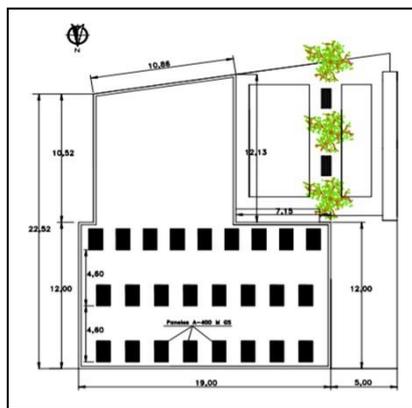
The model to be designed will seek to contribute between 30% and 40% of the total annual daytime electricity consumption of the industrial building and the photovoltaic installation will become an instant self-consumption system without battery storage.

The design, dimensioning and layout of the solar panels will seek the optimal configuration, trying to take full advantage of solar radiation, to make that the majority of the energy produced is consumed in the industrial building in order to save on energy costs imported from the electricity grid. Likewise, the non-use of batteries will help maximize profitability since they have quite high costs, both for acquisition and maintenance.

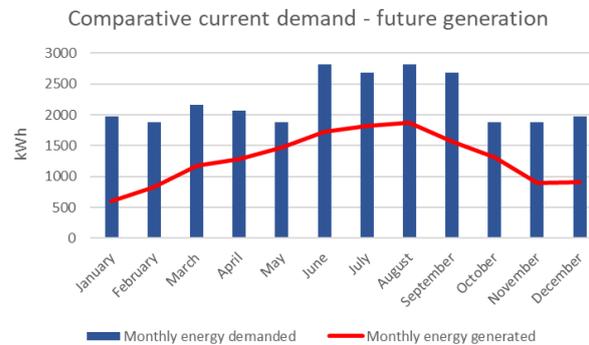
In addition to the design of the installation, a feasibility and economic profitability study will be found in the work, which will include the total annual savings derived from the development of this project as well as its amortization period.

### 3. Project results

Based on the solar radiation data in the area where the installation is located and the estimation of the electrical power consumption in the industrial building, it is determined that 25 solar panels must be installed on the roof of the building, 10 kW peak power managing to contribute 36.2% of the annual electrical energy demand. The final layout of the panels would be as follows:



*Layout of the panels on the roof of the industrial building*



*Monthly generation-consumption curve*

As seen in the previous graph, the configuration of the panels seeks to achieve that practically all of the energy generated is consumed in the building, thus achieving greater profitability of the project.

As for the economic study, favorable results are obtained showing that the solar panel installation project is both viable and profitable. The economic results obtained are presented below:

<b>Payback (years)</b>	7,60
<b>NPV (€)</b>	9908,07
<b>IRR (%)</b>	12,50

*Return on investment of this project*

#### **4. Conclusions**

The results obtained after the completion of this project are especially satisfactory. In addition to contributing to the care of the environment, it is also economically profitable for the industrial entity to which it is intended.

Therefore, it is concluded that self-consumption photovoltaic solar installations are a good alternative to non-renewable energy sources, since in addition to not causing harmful effects on the environment, they are profitable for the recipient.



# ÍNDICE DE CONTENIDO

-DOCUMENTO 1: MEMORIA-	1
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1. PRESENTACIÓN</b>	<b>3</b>
1.1. MOTIVACIÓN	6
1.2. OBJETIVOS	7
1.2.1. <i>Objetivos generales</i>	7
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	7
1.3. METODOLOGÍA	8
1.4. RECURSOS EMPLEADOS	9
<b>CAPÍTULO II: GENERALIDADES</b>	<b>11</b>
<b>2. LA ENERGÍA SOLAR</b>	<b>11</b>
2.1. LA RADIACIÓN SOLAR	12
<b>CAPÍTULO III: LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA. ESTADO DEL ARTE</b>	<b>13</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA</b>	<b>13</b>
3.1. EL EFECTO FOTOVOLTAICO	13
3.1.1. <i>Problemática de los fotones</i>	16
3.2. HISTORIA	16
3.2.1. <i>Orígenes de la energía fotovoltaica</i>	17
3.2.2. <i>Primeras aplicaciones prácticas</i>	17
3.2.3. <i>Uso doméstico de las placas solares</i>	18
3.3. DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL MUNDO	19
3.3.1. <i>Desarrollo de la energía solar fotovoltaica en España</i>	24
3.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	26
3.4.1. <i>Ventajas</i>	26
3.4.2. <i>Desventajas</i>	28
<b>4. CLASIFICACIÓN DE LAS CENTRALES SOLARES FOTOVOLTAICAS</b>	<b>30</b>
4.1. INSTALACIONES AISLADAS	30
4.2. INSTALACIONES CONECTADAS A LA RED	30
4.2.1. <i>Instalaciones de autoconsumo</i>	31
<b>5. ELEMENTOS Y EQUIPOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA</b>	<b>32</b>
5.1. PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS	32
5.1.1. <i>Partes de un panel solar fotovoltaico</i>	33
5.1.2. <i>Clasificación</i>	34
5.1.3. <i>Características</i>	35
5.2. REGULADOR DE CARGA	39
5.2.1. <i>Funciones</i>	42
5.2.2. <i>Tipos</i>	43
5.3. SISTEMA DE BATERÍAS	44
5.3.1. <i>Funcionamiento</i>	45
5.3.2. <i>Características</i>	46
5.3.3. <i>Tipos</i>	48
5.4. INVERSOR	49
5.4.1. <i>Inversor de instalación aislada</i>	50
5.4.2. <i>Inversor de conexión a red</i>	51

5.4.3.	<i>Características</i> .....	52
5.4.4.	<i>Protecciones</i> .....	53
<b>CAPÍTULO IV: PROYECTO FOTOVOLTAICO</b> .....		<b>55</b>
<b>6.</b>	<b>EMPLAZAMIENTO</b> .....	<b>55</b>
6.1.	LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	55
<b>6.2.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LA NAVE INDUSTRIAL</b> .....	<b>57</b>
6.2.1.	<i>Descripción de la nave</i> .....	57
6.2.2.	<i>Dimensiones de la nave</i> .....	58
6.2.3.	<i>Perfil de carga de la nave</i> .....	59
6.3.	CÁLCULOS SOLARES.....	64
6.3.1.	<i>Cálculo de las pérdidas</i> .....	64
6.3.2.	<i>Niveles de radiación solar incidente</i> .....	66
<b>7.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>69</b>
7.1.	SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES.....	69
7.1.1.	<i>Sistema de paneles fotovoltaicos</i> .....	70
7.1.2.	<i>Estructura soporte</i> .....	71
7.1.3.	<i>Inversor</i> .....	72
7.2.	CÁLCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA ENTRE LOS MÓDULOS.....	73
7.3.	CONEXIONADO DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS AL INVERSOR.....	76
7.4.	ENERGÍA PRODUCIDA POR LA INSTALACIÓN.....	83
<b>CAPÍTULO V: ESTUDIO ECONÓMICO</b> .....		<b>89</b>
<b>8.</b>	<b>CÁLCULO DE COSTES</b> .....	<b>89</b>
8.1.	COSTES DE LA ENERGÍA GENERADA.....	89
8.2.	CARGOS POR AUTOCONSUMO.....	95
<b>9.</b>	<b>ESTUDIO DE VIABILIDAD</b> .....	<b>106</b>
9.1.	PAYBACK.....	107
9.2.	VAN.....	107
9.3.	TIR.....	109
<b>10.</b>	<b>PRESUPUESTO</b> .....	<b>111</b>
<b>CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA</b> .....		<b>113</b>
<b>-DOCUMENTO 2: PLANOS-</b> .....		<b>119</b>
<b>-DOCUMENTO 3: ANEXOS-</b> .....		<b>125</b>
<b>ANEXO I</b> .....		<b>127</b>
<b>1.</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES</b> .....	<b>127</b>
1.1.	<b>OBJETO</b> .....	127
1.2.	<b>DOCUMENTACIÓN QUE DEFINE LAS OBRAS</b> .....	127
1.3.	<b>COMPONENTES Y MATERIALES</b> .....	128
1.3.1.	<i>MÓDULOS FOTOVOLTAICOS</i> .....	129
1.3.2.	<i>Estructura soporte</i> .....	130
1.3.3.	<i>Generador fotovoltaico</i> .....	131
1.3.4.	<i>Inversor</i> .....	131

1.3.5.	Cableado .....	133
1.3.6.	Medidas.....	134
1.3.7.	Protecciones .....	135
1.3.8.	Puesta a tierra.....	135
1.4.	CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	135
1.4.1.	Replanteo de las obras .....	135
1.4.2.	Ejecución del trabajo .....	135
1.4.3.	Estructura de fijación de los módulos fotovoltaicos.....	136
1.4.4.	Conexiones .....	136
1.4.5.	Protección del medio ambiente.....	137
1.4.6.	Recepción y pruebas.....	137
1.5.	MANTENIMIENTO .....	138
1.5.1.	Contrato de mantenimiento: requerimientos técnicos.....	138
1.5.2.	Mantenimiento a realizar por el propietario.....	139
1.6.	GARANTÍAS.....	140
1.6.1.	Plazos .....	141
1.6.2.	Condiciones económicas.....	141
1.6.3.	Anulación de la garantía .....	142
1.6.4.	Tiempo y lugar de la prestación .....	142
<b>ANEXO II .....</b>		<b>143</b>
<b>2. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....</b>		<b>143</b>
2.1.	MEMORIA .....	143
2.2.	NORMATIVA .....	143
2.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN .....	144
2.4.	DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS.....	144
2.5.	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN.....	148
2.6.	PLIEGO DE CONDICIONES .....	150
2.6.1.	Disposiciones legales.....	150
2.7.	CONDICIONES PARA LOS MÉTODOS DE PROTECCIÓN .....	151
2.8.	PROTECCIONES PERSONALES.....	151
2.9.	SERVICIOS DE PREVENCIÓN.....	160
2.9.1.	Instalaciones médicas .....	161
2.10.	PUESTA EN PRÁCTICA, CONTROL Y SEGUIMIENTO .....	161
<b>ANEXO III .....</b>		<b>163</b>
<b>3. OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) .....</b>		<b>163</b>
<b>ANEXO IV .....</b>		<b>167</b>
<b>4. FICHA TÉCNICA DE LOS PANELES SOLARES.....</b>		<b>167</b>
<b>5. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR .....</b>		<b>167</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen 1: Espectro electromagnético .....	12
Imagen 2: Efecto fotovoltaico.....	15
Imagen 3: Evolución anual y valor acumulado de la potencia instalada fotovoltaica .....	21
Imagen 4: Evolución anual y valor acumulado de la potencia instalada fotovoltaica mundial total.....	21
Imagen 5: Potencia fotovoltaica acumulada mundial 2018 por regiones.....	22
Imagen 6: Potencia fotovoltaica instalada anual en Europa .....	23
Imagen 7: Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España peninsular.....	25
Imagen 8: Componentes de una instalación solar fotovoltaica .....	32
Imagen 9: Partes que forman un panel solar.....	33
Imagen 10: Clasificación de los paneles solares .....	35
Imagen 11: Curva I-V bajo condiciones estándar de medida.....	37
Imagen 12: Efecto de la variación de la potencia de radiación sobre la curva I-V .....	37
Imagen 13: Efecto de la variación de la temperatura de las células sobre la curva I-V.....	38
Imagen 14: Conexión del regulador de carga en la instalación fotovoltaica .....	40
Imagen 15: Conexión adecuado del inversor con respecto al regulador de carga .....	41
Imagen 16: Tipos de sistemas de regulación.....	44
Imagen 17: Componentes de una batería.....	45
Imagen 18: Conexión del inversor a la batería.....	50
Imagen 19: Vista satelital de la situación de la nave industrial .....	56
Imagen 20: Plano de situación de la nave industrial.....	56
Imagen 21: Tabla orientativa para selección de la potencia refrigerante en función de la superficie a refrigerar .....	61
Imagen 22: Tabla orientativa para la selección del calentador de agua .....	61
Imagen 23: Energía mensual consumida por la nave .....	64
Imagen 24: Nivel de aprovechamiento solar según el ángulo de inclinación y de azimut .....	65
Imagen 25: Irradiación solar mensual horizontal y con ángulo óptimo en los años 2014, 2015 y 2016.....	67
Imagen 26: Representación esquemática de la distancia mínima entre paneles solares .....	74
Imagen 27: Gráfico de la energía mensual generada por la planta fotovoltaica .....	88
Imagen 28: Gráfico de la comparativa demanda actual – generación futura .....	88
Imagen 29: Distribución horaria de los períodos aplicables a la Península Ibérica .....	89
Imagen 30: Cargo transitorio por energía autoconsumida .....	96
Imagen 31: Cargo fijo por potencia autoconsumida.....	96
Imagen 32: Energía asequible y no contaminante (ODS).....	164
Imagen 33: Industria, Innovación e Infraestructura (ODS) .....	164
Imagen 34: Acción por el clima (ODS).....	165



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas geográficas de la zona de emplazamiento.....	55
Tabla 2: Superficie útil de la planta baja.....	58
Tabla 3: Superficie útil de la planta primera .....	58
Tabla 4: Superficie construida de la nave.....	58
Tabla 5: Resumen consumos de los principales equipos .....	62
Tabla 6: Consumo diario en meses donde no se precisa de aire acondicionado.....	63
Tabla 7: Consumo diario en meses donde se precisa de aire acondicionado.....	63
Tabla 8: Energía mensual demandada en los meses donde no se requiere aire acondicionado... 63	
Tabla 9: Energía mensual demandada en los meses donde se requiere aire acondicionado.....	63
Tabla 10: Pérdidas límite por inclinación, orientación, sombras y total.....	65
Tabla 11: Niveles de irradiación horizontal en los años 2014, 2015 y 2016 .....	67
Tabla 12: Niveles de irradiación con ángulo óptimo en los años 2014, 2015 y 2016 .....	68
Tabla 13: Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos medidas en condiciones estándar de temperatura (Irradiación de 1000 W/m <sup>2</sup> y temperatura de 25°C) .....	70
Tabla 14: Especificaciones mecánicas de los módulos seleccionados .....	71
Tabla 15: Características de temperatura de los módulos seleccionados .....	71
Tabla 16: Materiales de construcción de los módulos seleccionados.....	71
Tabla 17: Datos técnicos del inversor seleccionado.....	73
Tabla 18: Datos empleados para el cálculo de la distancia mínima .....	75
Tabla 19: Datos empleados para determinar el número máximo y mínimo de paneles en serie por string.....	79
Tabla 20: Datos empleados para determinar el número máximo de paneles en paralelo por cada entrada de MPP independiente.....	81
Tabla 21: Número máximo y mínimo de paneles solares a conectar en serie y paralelo.....	83
Tabla 22: Conexión de los paneles solares al inversor .....	83
Tabla 23: Energía generada en el mes de enero .....	84
Tabla 24: Energía generada en el mes de febrero.....	84
Tabla 25: Energía generada en el mes de marzo.....	85
Tabla 26: Energía generada en el mes de abril .....	85
Tabla 27: Energía generada en el mes de mayo .....	85
Tabla 28: Energía generada en el mes de junio.....	86
Tabla 29: Energía generada en el mes de julio.....	86
Tabla 30: Energía generada en el mes de agosto.....	86
Tabla 31: Energía generada en el mes de septiembre.....	86
Tabla 32: Energía generada en el mes de octubre.....	87
Tabla 33: Energía generada en el mes de noviembre .....	87
Tabla 34: Energía generada en el mes de diciembre.....	87
Tabla 35: Energía mensual generada por la planta fotovoltaica .....	88
Tabla 36: Precio de facturación por períodos .....	90
Tabla 37: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de enero .....	90
Tabla 38: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de febrero .....	90
Tabla 39: Coste que tendría la energía generada en el mes de marzo .....	91
Tabla 40: Coste que tendría la potencia generada en el mes de marzo.....	91
Tabla 41: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de abril.....	91
Tabla 42: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de mayo.....	92
Tabla 43: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de junio .....	92
Tabla 44: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de julio .....	92
Tabla 45: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de agosto .....	93
Tabla 46: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de septiembre .....	93
Tabla 47: Coste que tendría la energía generada en el mes de octubre .....	93

<b>Tabla 48: Coste que tendría la potencia generada en el mes de octubre .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 49: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de noviembre .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 50: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de diciembre .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 51: Ahorro total mensual y anual de la energía y potencia generada por la instalación ...</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 52: Potencia contratada por la nave industrial .....</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 53: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de enero .....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 54: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de febrero .....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 55: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de marzo .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 56: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de abril .....</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 57: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de mayo .....</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 58: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de junio .....</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 59: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de julio .....</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 60: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de agosto .....</b>	<b>101</b>
<b>Tabla 61: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de septiembre .....</b>	<b>101</b>
<b>Tabla 62: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de octubre .....</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 63: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de noviembre .....</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 64: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de diciembre .....</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 65: Tabla resumen de la energía consumida, generada por la instalación fotovoltaica, autoconsumida, .....</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 66: Coste del peaje de la energía y potencia mensual de la instalación fotovoltaica .....</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 67: Precio medio mensual de la energía del pool eléctrico .....</b>	<b>105</b>
<b>Tabla 68: Cobertura de la demanda, cuota de autoconsumo y ahorro total que se obtendrá con la construcción .....</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 69: Cálculo del payback .....</b>	<b>107</b>
<b>Tabla 70: Cálculo del VAN .....</b>	<b>108</b>
<b>Tabla 71: Cálculo de la TIR .....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 72: Resumen presupuesto .....</b>	<b>112</b>

# **-DOCUMENTO 1: MEMORIA-**



# **CAPÍTULO I: Introducción**

## **1. Presentación**

El modelo energético actual, basado en el consumo de fuentes no renovables de origen fósil está llegando a su fin: el cambio climático, la emisión de gases contaminantes, el agotamiento de los recursos tradicionales -gas, petróleo- con el consiguiente incremento en el precio de éstos y la excesiva dependencia energética son algunos de los factores que evidencian la urgente necesidad de iniciar una transición hacia un modelo energético sostenible.

Entre las políticas que pueden llevarse a cabo para garantizar la sostenibilidad y asegurar el abastecimiento energético futuro, aquella basada en el consumo de recursos renovables se cuenta como la principal.

Las energías renovables, en contraposición a las no renovables, son aquellas que proceden de fuentes energéticas inagotables: el viento, el sol, el agua, el calor procedente del interior de la Tierra, las olas del mar y las mareas. Su capacidad para obtener energía de una forma limpia y no contaminante las convierte en la solución adecuada ante los problemas del negativo impacto medioambiental y dependencia energética que acarrea el consumo de recursos no renovables.

Las fuentes de energía renovables presentan numerosas ventajas frente a las energías convencionales. Principalmente, no emiten gases contaminantes ni generan residuos peligrosos, no contribuyen al efecto invernadero causante del calentamiento global y el consecuente cambio climático y son inagotables. Entre las fuentes de energía renovables se incluyen:

- Energía del mar: puede ser de tipo undimotriz o mareomotriz en función de si aprovecha la fuerza de las olas o de las mareas para la generación de electricidad.
- Energía hidráulica: es aquella que aprovecha la fuerza del agua para la producción de electricidad.
- Energía eólica: aquella que transforma la energía procedente de la fuerza del

viento en electricidad.

- Energía de la biomasa: la generación de energía se obtiene a partir de la combustión de residuos orgánicos tanto de origen vegetal como animal.
- Energía geotérmica: este tipo de energía alternativa aprovecha el calor existente en el interior de la tierra para la producción de electricidad.
- Y, por último, la energía solar, la cual aprovecha la energía del sol para producir electricidad o calor. En este grupo se incluye la energía solar fotovoltaica, en la cual se centra el presente proyecto y que se basa en la transformación de la luz y radiación proveniente del sol en electricidad mediante la utilización de unos dispositivos, los paneles fotovoltaicos.

Como es observable, son numerosas las fuentes de energía alternativas a las tradicionales. En los últimos años, la creciente preocupación relacionada con el cambio climático y la dependencia energética ha conllevado a una concienciación a nivel mundial sobre la necesidad de implementar cambios en el modelo energético actual. Es por ello que, con el fin de asegurar la sostenibilidad, se firmó en 1997 el Protocolo de Kioto, un convenio de las Naciones Unidas que tenía por objeto la reducción de las emisiones de seis gases responsables del efecto invernadero y el consecuente calentamiento global.

De esta forma, la Unión Europea junto con 192 países han ratificado este tratado internacional con el objetivo de promover una política medioambiental en los años venideros basada en el aprovechamiento de recursos limpios y renovables en la generación de electricidad en lugar de fuentes contaminantes mediante la instalación de dispositivos tales como presas hidráulicas, placas fotovoltaicas, molinos de viento, etc.

Para el sector industrial, una de las fuentes de energía renovables más viables sería la solar fotovoltaica, pues la electricidad se considera la necesidad primaria por excelencia y es la única fuente que, junto con la eólica, permite poseer una instalación tanto a nivel industrial como residencial en la que se genere electricidad para el consumo propio. El autoconsumo, el cual permite la

generación, consumo y gestión de la energía producida mediante energía solar fotovoltaica, también cuenta con la ventaja de que permite el diseño de sistemas con acumulación o no de la energía generada. Dentro del contexto actual, tan marcado por el continuo aumento del precio de la energía eléctrica, las instalaciones para autoconsumo resultan ser una alternativa factible económica y tecnológicamente viable.

En el caso de España, en particular, el 37 % de electricidad generada en el último año procede de fuentes renovables. La alta dependencia energética que sufre nuestro país y la ausencia de reservas de combustibles fósiles evidencian la urgente necesidad de aumentar progresivamente este porcentaje en los próximos años. En referencia a la energía solar fotovoltaica, en el año 2018 la potencia instalada ha aumentado un 94% con respecto al año pasado. A pesar de ser unos buenos y prometedores datos, aún queda un largo camino por recorrer y de mejora para alcanzar la descarbonización de su modelo energético. España es uno de los países integrantes de Europa con mayor número de horas de sol anuales lo que evidencia que se debería y aún es posible incrementar todavía más la explotación de la energía solar fotovoltaica con el objetivo de dar solución a sus problemas energéticos. Además, es un país en el que más de la mitad del consumo eléctrico de los grandes consumidores procede del sector industrial, por lo que las instalaciones para autoconsumo resultan especialmente beneficiosas en España.

Así, resulta innegable que las energías renovables se están anteponiendo a las convencionales, no sólo en España sino a nivel mundial. Entre ellas, es evidente que la energía solar y en especial la fotovoltaica para autoconsumo, es una inversión segura pues trae consigo numerosos beneficios sociales, económicos y medioambientales. A pesar de que en los últimos años esta forma de obtención energética ha sufrido un crecimiento exponencial, aún es posible lograr un mayor impulso de la misma.

## 1.1. Motivación

El presente proyecto surge como consecuencia de la concienciación generalizada sobre la necesidad de proteger el planeta en el que vivimos de los gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global. Así pues, la motivación principal del presente proyecto es el desarrollo sostenible mediante la propuesta de diseño de una instalación solar fotovoltaica para autoconsumo, pues se trata de una forma de obtención de energía limpia e inagotable. De esta forma, mediante la explotación de una forma de energía renovable, como es la energía solar fotovoltaica, se pretende reducir la explotación de combustibles fósiles y, por lo tanto, contribuir al cuidado del medio ambiente y poner freno al cambio climático mencionado.

Otra de las motivaciones que hacen de este proyecto una apuesta segura, es su fiabilidad en comparación con el resto de formas de generar energía de origen renovable. España es uno de los países integrantes de Europa con mayor número de horas de sol al año, lo que evidencia que su producción, si se compara con otras formas de energía, resulta considerablemente mayor.

Además, el elevado potencial explotable con el que cuenta esta forma de obtención energética y especialmente en España, hace posible el autoabastecimiento y autoconsumo energético de industrias y hogares con tan solo la instalación de placas solares fotovoltaicas. Este hecho resulta especialmente beneficioso en España, ya que al tratarse de un país que no posee reservas de combustibles fósiles, se siente vulnerable puesto que depende de las importaciones para garantizar su suministro energético.

También, cabe destacar que económicamente las plantas de generación fotovoltaica, especialmente las destinadas al autoconsumo, generan grandes ahorros, pues las horas de mayor producción eléctrica coinciden con las de mayor consumo y en el caso del autoconsumo, al producir el consumidor parte de su energía demandada, este ahorro es mucho mayor ya que su factura eléctrica se ve notablemente reducida.

Así, las principales motivaciones de este proyecto son cuatro: reducir el consumo en España de los combustibles fósiles y su dependencia energética, demostrar que es posible obtener electricidad de una manera limpia, evidenciar que las plantas de generación fotovoltaicas son económicamente viables y rentables y servir como ejemplo para el resto del país y del mundo, con el fin de que se desarrollen más proyectos de esta índole encaminados a lograr la implementación global de un modelo energético sostenible.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivos generales

El presente proyecto tiene como objetivo principal el diseño técnico y estudio económico asociado a la instalación de paneles solares fotovoltaicos en una nave industrial de administración y logística para autoconsumo eléctrico instantáneo. 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 nave y consiguiendo asimismo un considerable ahorro energético al usar el sol como fuente de energía.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- **Servir como modelo de planta generadora sostenible:** Este proyecto basado en la explotación de un recurso limpio y libre de emisiones de CO<sub>2</sub>, como es la energía solar fotovoltaica, busca servir como ejemplo para que España y el resto del mundo inicien su transición hacia un modelo energético renovable.
- **Defender su rentabilidad y viabilidad económica:** El presente trabajo incluirá un estudio económico para demostrar que su implementación y desarrollo resulta ser una inversión rentable.
- **Eficiencia:** Los paneles solares se dispondrán en la cubierta de la nave con la

configuración óptima y la inclinación más adecuada para la zona de emplazamiento con el objetivo de garantizar el mayor aprovechamiento posible de la radiación solar. De esta forma, la energía producida será máxima y esto se verá reflejado tanto en un ahorro notable en la factura eléctrica del consumidor, como en una menor demanda de energía importada de la red eléctrica.

### 1.3. Metodología

Para el desarrollo exitoso del proyecto y la consecución de los objetivos anteriormente descritos, se han llevado a cabo una serie de procedimientos descritos a continuación:

- a) Introducción del proyecto. En primer lugar, se realiza una introducción del proyecto, las motivaciones que impulsan a desarrollarlo y los objetivos que se persiguen con su ejecución.
- b) Documentación y planificación. En segundo lugar, se recopila documentación sobre la energía solar fotovoltaica con el fin de familiarizarse con su tecnología: cómo es el proceso de generación, qué ventajas tiene, cuáles son los elementos que componen una instalación, el estado de la técnica, etc. y se lleva a cabo la planificación de las fases del proyecto.
- c) Proyecto fotovoltaico. Esta fase incluye:
  - Selección de la zona de emplazamiento de la instalación solar fotovoltaica.
  - Especificaciones de la nave industrial: dimensiones, descripción de la actividad y demanda eléctrica del edificio (demanda de máxima potencia y consumo horario diario, mensual y anual).
  - Selección de la potencia pico a instalar en la planta de generación fotovoltaica.

- Selección de los componentes de la instalación.
  - Cálculo de la radiación solar incidente en la zona de emplazamiento.
  - Selección del ángulo de inclinación de los paneles solares.
  - Cálculo de pérdidas por inclinación, orientación y sombras.
  - Determinación de la distancia entre los paneles solares.
  - Cálculo de la energía horaria diaria, mensual y anual generada por la instalación fotovoltaica.
- d) Estudio de rentabilidad económica
- e) Presupuesto del proyecto.
- f) Realización de los planos. Se incluyen:
- Plano de localización de la nave industrial donde se llevará a cabo el proyecto.
  - Estructura de los paneles solares fotovoltaicos.
  - Plano de disposición de los paneles solares fotovoltaicos en la cubierta de la nave industrial.
  - Plano de conexionado de los paneles solares.
- g) Pliego de condiciones.
- h) Estudio de seguridad y salud.
- i) Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de Naciones Unidas.

## **1.4. Recursos empleados**

Cabe destacar el empleo de numerosas herramientas informáticas para el desarrollo del proyecto, especialmente el empleo de la aplicación PVGIS para la obtención de los datos de radiación solar en la zona de localización de la nave

industrial y el cálculo de la energía producida por la instalación fotovoltaica.

La realización de los distintos planos se ha realizado utilizando Autocad.

En cuanto a los distintos cálculos, se ha empleado Microsoft Excel.

## CAPÍTULO II: Generalidades

### 2. La energía solar

La energía solar es aquel tipo de energía obtenida mediante el aprovechamiento de la radiación electromagnética (calor, luz y rayos ultravioleta principalmente) que llega a la Tierra procedente del Sol, donde se genera mediante un proceso de fusión nuclear.

La potencia de la radiación o los niveles de radiación solar que alcanza la superficie de la Tierra vienen condicionados por numerosos factores: depende de la latitud, del amortiguamiento que sufra en función de las condiciones atmosféricas, de la altitud, de la reflectividad del suelo y del momento del día.

Dicha radiación solar puede ser aprovechada de dos formas diferenciadas: por conversión térmica y por conversión fotovoltaica:

- **Conversión térmica:** consiste en aprovechar el calor contenido en la radiación solar mediante la absorción del mismo. Se basa en transformar la energía del sol en energía térmica, la cual se almacena en un fluido. Esta forma de conversión basada en el calentamiento de un fluido se logra gracias a unos dispositivos denominados colectores.
- **Conversión fotovoltaica:** consiste en la transformación de la energía solar en electricidad. Se basa en el llamado “efecto fotovoltaico” o generación de una corriente eléctrica a partir de la absorción de la radiación luminosa mediante la utilización de unos dispositivos llamados paneles solares. Esta forma de aprovechamiento es en la que se centra el presente proyecto.

La energía solar se engloba dentro del grupo correspondiente a las fuentes de energía renovables, pues se trata de un recurso inagotable y no contaminante.

## 2.1. La radiación solar

La radiación solar es el fenómeno generado a partir del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el núcleo solar. Se corresponde a la energía emitida por el Sol en forma de radiación electromagnética y es transferida a través de ondas electromagnéticas de diversas longitudes o frecuencias. Éstas se propagan en el vacío, no precisan de un medio material y llegan a la Tierra desde el Sol atravesando el espacio interplanetario.

La frecuencia y longitud de onda de las ondas electromagnéticas son dos características importantes a la hora de determinar su energía, su poder de penetración y su visibilidad. El conjunto de la totalidad de las longitudes de onda constituye el espectro electromagnético y recibe el nombre de espectro solar aquellas que son emitidas por el Sol.

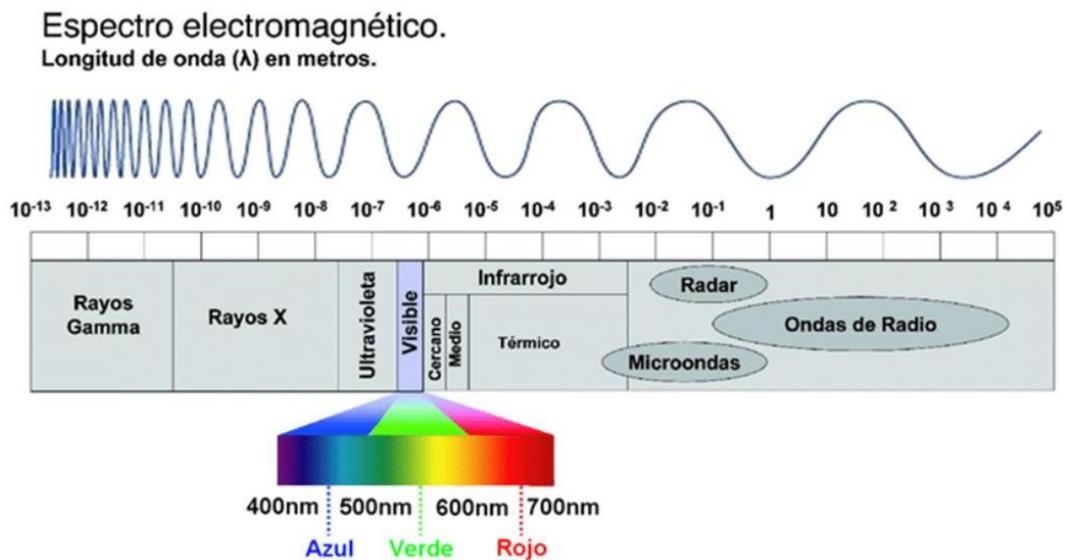


Imagen 1: Espectro electromagnético

## **CAPÍTULO III: La energía fotovoltaica. Estado del arte**

### **3. Introducción a la energía solar fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica se engloba dentro del conjunto de fuentes de energía renovables, limpias e inagotables. Es aquella que se genera al transformar la energía solar en electricidad empleando para ello una tecnología cuyo principio de funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico.

#### **3.1. El efecto fotovoltaico**

El efecto fotovoltaico es el fenómeno caracterizado por la generación de una corriente eléctrica mediante el empleo de células fotovoltaicas, unos dispositivos semiconductores que están expuestas a la radiación solar. Dichas células se componen normalmente y principalmente de silicio, al que se le añaden impurezas de otros elementos químicos. Estos dispositivos generan electricidad usando la radiación solar como fuente.

La luz radiante se compone de unas partículas llamadas fotones. Cada uno de estos fotones poseen energías diferentes correspondientes a las distintas longitudes de onda que conforman el espectro solar.

No toda la radiación solar que procede de la atmósfera se transforma en corriente eléctrica pues parte de ella se pierde por transmisión (atraviesa la célula) y otra por reflexión (rebota y es devuelta a la atmósfera). La radiación restante que sí es capaz de contactar con las células fotovoltaicas es la responsable de que los electrones salten de una capa a otra. Es así cuando entonces se crea una corriente eléctrica con una potencia proporcional a la cantidad e intensidad de la radiación incidente sobre las células.

Así pues, el efecto fotovoltaico comienza en el momento en el que incide un fotón sobre un electrón de valencia, es decir, de la última órbita de uno de los átomos del material con el que está construida la célula. Este choque provoca la

excitación del electrón al recibir la energía del fotón. Si el electrón adquiere una energía superior a la fuerza de atracción que ejerce sobre él el núcleo del átomo del material semiconductor que conforma la célula, se saldrá de la órbita, quedando libre del átomo y pudiendo así viajar a través del material semiconductor. En este momento, se puede decir que el material es conductor.

Los electrones liberados tras el choque con los fotones dejan un espacio libre en el átomo que han abandonado hasta que otro electrón que también ha abandonado la órbita de su respectivo átomo lo ocupe. Este movimiento de electrones es lo que se denomina corriente de carga.

Esta corriente puede salir de la célula con el objetivo de realizar un trabajo donde sea útil. Para que este proceso suceda de manera regular y constante, es preciso además de usar materiales semiconductores, que exista un campo eléctrico de polaridad constante. Este tipo de campo polariza las partículas e impulsa en un sentido los electrones y los espacios libres o cargas positivas en el contrario consiguiendo así que circule la corriente eléctrica.

El efecto fotovoltaico y la generación del campo eléctrico es posible gracias a la unión de dos materiales semiconductores, uno tipo p y otro tipo n, es decir, una zona con carga negativa (exceso de electrones) y otra positiva (carencia de electrones, esto es, huecos), formando así un gradiente de campo eléctrico interno. Son en estas capas donde se genera la corriente de electrones al liberarse electrones cuando incide la radiación solar sobre la célula. Además de estos materiales, las células poseen un contacto superior metálico, cuya función es recolectar del semiconductor los electrones para posteriormente transferirlos a una carga externa y un contacto posterior, también metálico, que completa el circuito eléctrico. De esta forma, cuando un electrón es liberado, se impulsa a través de los materiales semiconductores llegando a los contactos metálicos de los extremos de la célula saliendo así de ésta para formar parte de un circuito eléctrico que alimenta una carga externa.

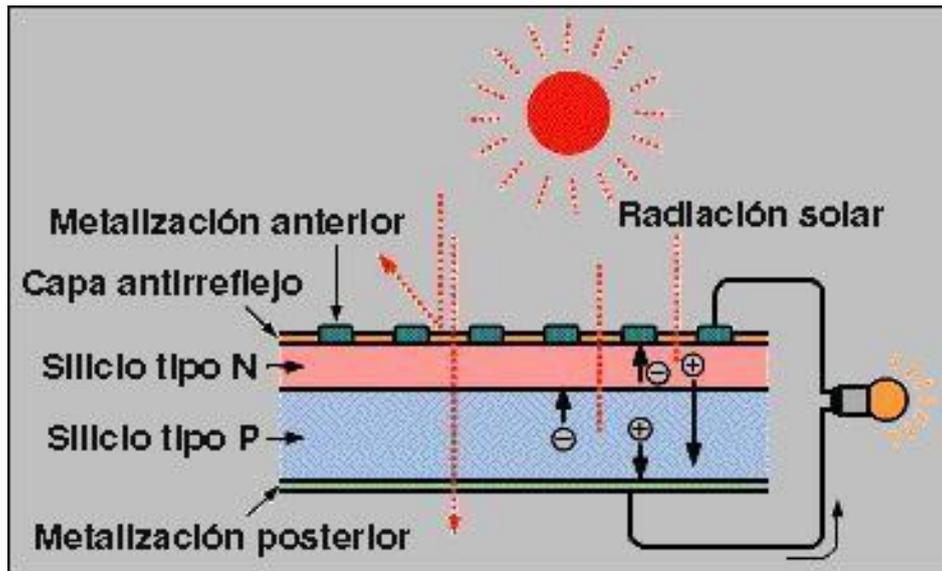


Imagen 2: Efecto fotovoltaico

El requisito fundamental para que el electrón quede libre es que la fuerza de atracción del núcleo del átomo del material semiconductor sea menor que la energía que el fotón transmite al electrón en su impacto. Para que esto suceda, la fuerza que debe tener el choque del fotón contra el electrón es de 1,2 eV como mínimo.

Cada material semiconductor tiene una cantidad de energía mínima característica necesaria para que se produzca la liberación de electrones de sus respectivos átomos. Aquellos fotones que proceden de la radiación ultravioleta, como mencionado anteriormente, tienen longitudes de onda más pequeñas y contienen gran cantidad de energía. Por el contrario, aquellos fotones con longitudes de onda mayores, los cuales proceden de la radiación infrarroja, poseen menor energía.

La energía mínima necesaria característica de cada material semiconductor para poder liberar a los electrones de sus respectivos átomos depende de la banda de frecuencias. Ésta los asocia desde los que vienen en la radiación ultravioleta del espectro electromagnético hasta los colores visibles. Por debajo de este rango, los fotones no son capaces de liberar a los electrones en su choque y, por lo tanto, no se producirá corriente eléctrica.

### 3.1.1. Problemática de los fotones

Separar los electrones tras atravesar el material con el que está construido la célula es complicado: no todos los electrones lo logran directamente. Esto es debido a que atravesar el material supone una cierta pérdida de energía. Esta pérdida implica que en el momento del choque algunos fotones han perdido ya demasiada energía y son incapaces de desplazar a un electrón. Esta es la razón por la que no se puede aprovechar el 100% de la radiación solar, pues estas pérdidas son inevitables.

Otra de las pérdidas inevitables son cuando el fotón sí que posee la energía necesaria para liberar al electrón de su posición, pero al incidir en el material no se encuentra con ningún electrón para poder desplazarlo y, por lo tanto, el fotón atraviesa todo el material.

Otro inconveniente que hace que los fotones no logren su objetivo de desplazar electrones se debe a las pérdidas por reflexión. Esto es que existe un porcentaje de electrones que, al alcanzar la superficie de la célula fotovoltaica, rebotan en ella, se reflejan y son devueltos a la atmósfera. Es posible reducir estas pérdidas mediante el empleo de capas antirreflejos en la superficie de la célula.

Resumiendo, la única manera de conseguir que se genere un par hueco-electrón por cada fotón es que éste posea una energía cinética mayor que la mínima característica del material semiconductor, que logre penetrar y atravesar el material y que en su recorrido se encuentre con un electrón de valencia.

## 3.2. Historia

El efecto fotovoltaico fue reconocido y descubierto por primera vez en 1838 por Becquerel, un físico francés que se encontraba experimentando con electrodos de platino y comprobó que, al exponerlos al sol, la corriente aumentaba en uno de ellos. En 1873 se dio el siguiente paso cuando el ingeniero inglés Smith descubrió dicho fenómeno en los sólidos, específicamente sobre el selenio. Más tarde, un

profesor de filosofía en Londres, William Grylls Adams, junto con uno de sus alumnos, crearon en 1877 la primera célula fotovoltaica construida a base de selenio.

### **3.2.1. Orígenes de la energía fotovoltaica**

Todos los descubrimientos anteriormente mencionados, si bien demostraban la posibilidad de obtener electricidad a partir de la radiación solar, la producción generada era tan reducida que cualquier aplicación práctica quedaba descartada. No fue hasta 1953, cuando los laboratorios Bell, mientras experimentaban con silicio fabricaron una célula fotovoltaica hecha a base de este material en adición con ciertas impurezas dando como resultado un tipo de célula muy sensible a la luz y, por lo tanto, mucho más eficiente que las construidas a base de selenio. Así, este descubrimiento dio comienzo a la era moderna de la tecnología fotovoltaica y abrió paso a la posibilidad de usar el efecto fotovoltaico en aplicaciones prácticas. De este modo, comenzaba la carrera de esta tecnología como proveedores de energía a partir de la radiación solar.

### **3.2.2. Primeras aplicaciones prácticas**

A pesar de los avances en la mejora de la eficiencia de las células, los costes eran tan sumamente altos que su aplicación quedaba enormemente limitada.

La industria juguetera era la única consumidora de paneles solares, los cuales utilizaba en pequeños aparatos para suministrarles potencia tales como en maquetas de coches. Toda esta situación impidió el desarrollo de esta nueva forma de obtención energética pues los ingresos generados eran muy reducidos e insuficientes como para destinarlos a su investigación.

Por suerte, se encontró el lugar de aplicación ideal para el estado de desarrollo en aquel momento de los paneles solares: la alimentación de los satélites espaciales. El coste no suponía un problema, ya que el presupuesto dedicado a la industria espacial era muy elevado. Lo primordial era asegurar la fiabilidad en la generación de electricidad en lugares de acceso muy difícil y en eso resultaba muy competitiva la energía solar fotovoltaica.

De esta forma, en 1955, se encargó la construcción a la industria americana de paneles fotovoltaicos para su posterior uso en la NASA. Esto supuso un importantísimo desarrollo de la tecnología fotovoltaica. Finalmente, en 1958 se producía el primer lanzamiento por EEUU de un satélite espacial que usó en su diseño paneles solares fotovoltaicos, el Vanguard I. El uso de esta tecnología, además de en EEUU, se extendió a la URSS, pues también empleó los paneles solares como fuente de alimentación de sus satélites.

Este hecho generó gran interés en la construcción y lanzamiento de satélites geoestacionarios con el objetivo de desarrollar las comunicaciones a través de un dispositivo que captara la luz del sol para generar energía. Dicho desarrollo fue fundamental para la estimulación de los gobiernos a investigar más y lograr una mayor eficiencia de estos paneles solares. Sin lugar a dudas, es innegable que el desarrollo actual de los módulos solares fotovoltaicos y su proyección de futuro no hubiera sido posible sin el impulso que la industria espacial les dio.

### **3.2.3. Uso doméstico de las placas solares**

Las células de silicio más similares a las que existen actualmente se desarrollaron en los laboratorios Bell en 1954. Estos avances tecnológicos contribuyeron a la fabricación de las primeras células solares comerciales con aproximadamente un 6% de eficiencia. Estas empezaron a usarse en satélites espaciales tanto en EEUU como en la URSS.

No es hasta 1970 cuando se consigue fabricar una célula mucho más barata y eficiente logrando así que la energía solar fotovoltaica empezara a ser económicamente viable para uso doméstico: inicialmente en paneles pequeños para el techo y calculadoras. En los años 80 se empieza a emplear en áreas rurales y en techos de granjas tras conocerse más aplicaciones de esta forma de obtención energética. En los últimos años, la disminución del coste y la mejora de la eficiencia de conversión energética de los módulos solares ha resultado en una mayor utilización de esta tecnología tanto en las zonas urbanas como rurales, en viviendas particulares y para actividades comerciales.

A día de hoy, la energía solar fotovoltaica se presenta como una de las principales fuentes de energía de este siglo por ser un recurso no contaminante y tras la mejora en su rendimiento alcanzando un valor de un 30%.

### **3.3. Desarrollo de la energía solar fotovoltaica en el mundo**

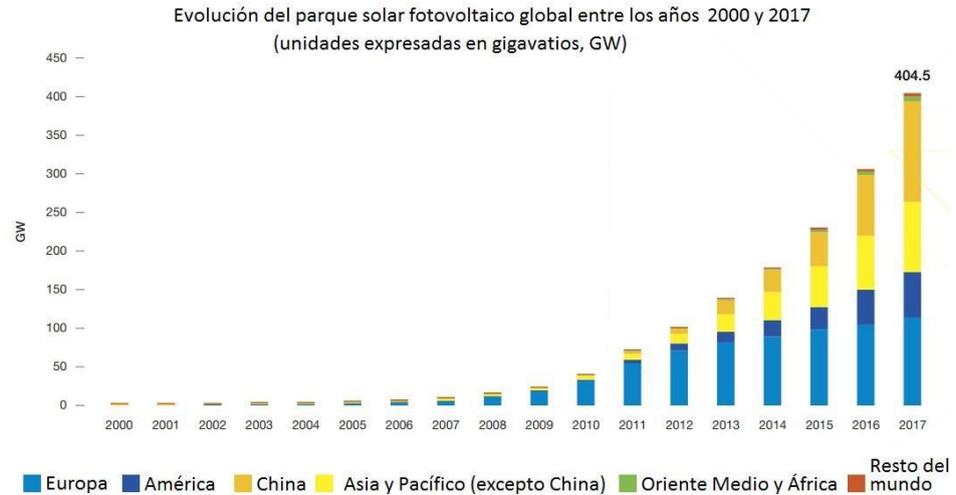
En los últimos años, la energía solar fotovoltaica se ha consagrado como una de las principales y esenciales fuentes de generación eléctrica en la lucha contra el cambio climático y el cuidado del medio ambiente. El uso generalizado de esta fuente de energía se debe especialmente al gran abaratamiento que han experimentado los precios de los módulos solares junto a una mejora de su eficiencia.

Fue en 1954 cuando se fabricó la primera célula solar fotovoltaica en los laboratorios Bell en EEUU, incentivado por el inicio de la industria espacial en el país. Durante los siguientes veinte años y debido al gran coste de la electricidad generada con ellas, prácticamente su aplicación se redujo al ámbito espacial. Es a partir de 1975 y debido a una reducción considerable de esos costes, que esta forma de obtención energética empezara a usarse en aplicaciones terrestres superando a las espaciales. Desde entonces, su desarrollo mundial se ha visto caracterizado por tres etapas notoriamente diferenciadas:

- 1975-1985: Las numerosas crisis del petróleo en los años anteriores (1973 y 1979) propiciaron que los distintos países industrializados empezaran a buscar y explotar otras fuentes de energía alternativas. Al mismo tiempo, se fue extendiendo la conciencia ecológica por todo el mundo, planteando la necesidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero.
- 1985-2000: A principios de los 80, los precios del petróleo se redujeron hasta estabilizarse en valores similares a los que había antes de la crisis, lo que hizo que disminuyeran las ayudas estatales y el interés por las energías renovables.
- 2000-actualidad: El siglo XXI comienza caracterizado por que diversos países industrializados empezaran a concienciarse sobre la necesidad de cuidar el planeta en el que vivimos e iniciar la transición hacia un modelo energético sostenible. Cuando la energía fotovoltaica se reconoce como una tecnología renovable prometedora, los gobiernos de distintos países comenzaron a implementar ayudas y programas de subvenciones con el fin de incentivar las inversiones en esta forma de obtención energética. Durante este tiempo, la energía solar fotovoltaica ha pasado de usarse en aplicaciones de pequeña escala a generar electricidad en cantidades industriales.

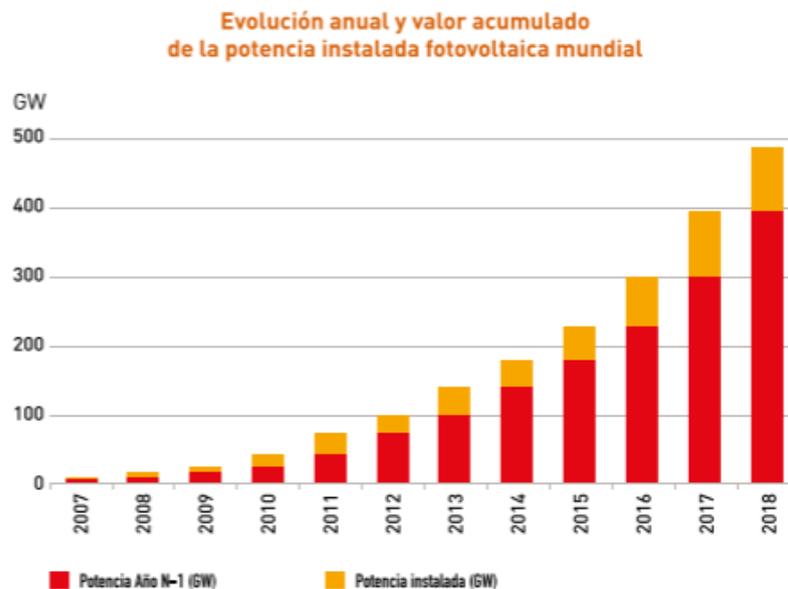
Así pues, en los últimos años, el número de instalaciones solares fotovoltaicas ha crecido en todo el mundo exponencialmente teniendo como objetivo una disminución en la emisión de gases de efecto invernadero y la dependencia energética que tienen ciertos países de los combustibles fósiles.

Durante años, el crecimiento fue impulsado principalmente por Japón y países pioneros europeos como España y Alemania. Sin embargo, rápidamente el mercado chino comenzó la producción masiva de paneles fotovoltaicos liderando la transición hacia la explotación de la tecnología fotovoltaica. Desde entonces, la expansión de la tecnología fotovoltaica se ha vuelto imparable, llegando a América del Norte, el resto de Asia y otras regiones, haciéndose cada vez más competitiva con las fuentes de energía convencionales.



*Imagen 3: Evolución anual y valor acumulado de la potencia instalada fotovoltaica mundial por regiones*

Desde el año 2000, la capacidad solar fotovoltaica instalada muestra una tendencia incremental hasta 2018, como se observa en la siguiente imagen y logrando que en ese último año la potencia instalada acumulada mundial alcance los 480,3 GW. La reducción de los costes de fabricación e instalación, junto a la incesante concienciación ambiental de instituciones públicas, consumidores y productores, han sido los principales impulsores de este importante crecimiento. Esta forma de obtención energética es imparabile y alcanza a todo el mundo.



*Imagen 4: Evolución anual y valor acumulado de la potencia instalada fotovoltaica mundial total*

Por regiones, se puede apreciar en la figura que corresponde al año 2018, que Asia, encabezado por China, representa más de la mitad del total de la potencia fotovoltaica instalada a nivel global. Europa ocupa el segundo lugar en términos de capacidad fotovoltaica instalada en el mundo, con un 25% de MW instalados. A pesar de que Europa se mantiene firme en su compromiso con las fuentes de energía renovables, la instalación desmedida de paneles solares en zonas como Asia, en parte debido a China o regiones en auge, como Norteamérica, ha generado que ya no posea una posición predominante: ha pasado de representar el 65% del total de la capacidad instalada en 2012 a tan solo el 25% en 2018.

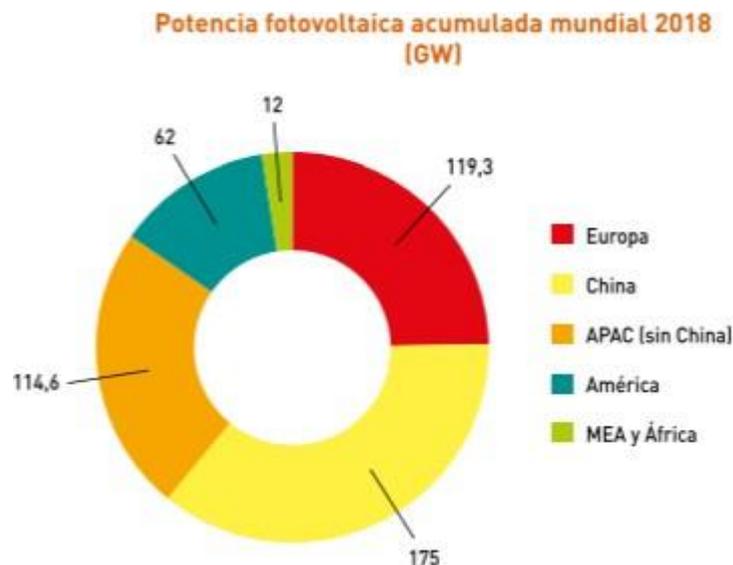
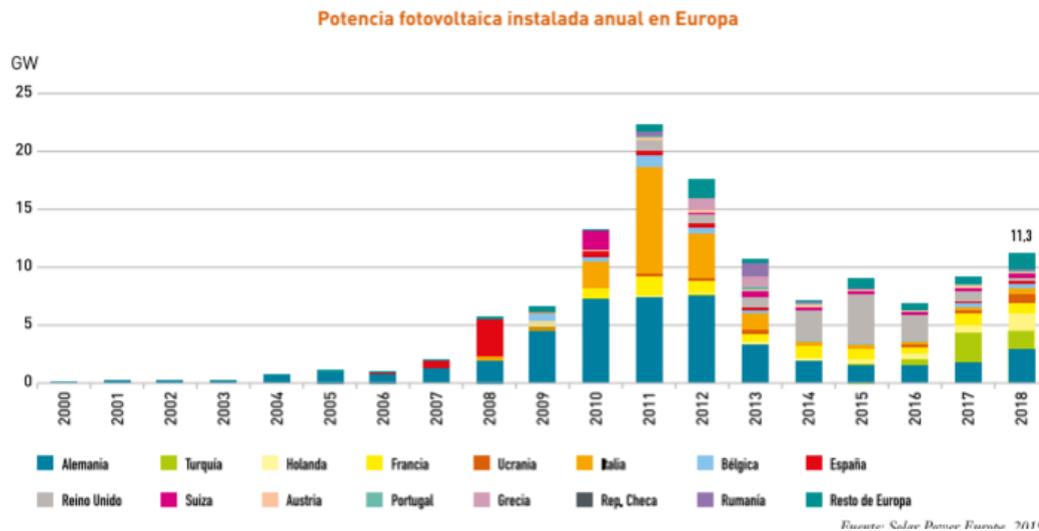


Imagen 5: Potencia fotovoltaica acumulada mundial 2018 por regiones

Desde el año 2010 hasta el 2018, la fabricación mundial de paneles solares se ha disparado, dominada por empresas ubicadas en China principalmente. Esta situación se ha visto favorecida por el abaratamiento de los precios de producción desde finales de los 70. Así, Asia es el continente con más fotovoltaica instalada con 289,6 GW. La mayor parte de esta potencia se localiza en China (175 GW) seguido por Japón (55,5 GW) e India (26,8 GW).

En cuanto a Europa, es el segundo en la lista en cuanto a potencia instalada se refiere con 119,3 GW. Alemania, con 45,9 GW instalados e Italia, con 20,1 GW son líderes, pues operan con más de la mitad de la energía fotovoltaica de Europa. Otros mercados a destacar de Europa son Reino Unido con 13,4 GW de potencia instalada; Francia con 9,4 GW; España con 5,1 GW; Turquía con 5 GW; los Países Bajos con 4,1 GW y Bélgica con 4 GW. En 2018 se instalaron en total 11,3 GW.



*Imagen 6: Potencia fotovoltaica instalada anual en Europa*

América del Norte, por su parte, en los últimos años ha apostado por la energía solar fotovoltaica alcanzando en 2018 una potencia acumulada de 55,3 GW. 49,6 GW se localizan en EEUU; 3,1 GW en Méjico y 2,5 GW en Canadá. En 2018 se instalaron un total de 10,5 GW. En Centroamérica y el Caribe se han instalado 1,7 GW mientras que en Sudamérica 5,4 GW.

Por último, en Oceanía se han instalado de fotovoltaica 10 GW y en África 5,1 GW, mientras que, en Oriente Medio, 3 GW.

Es evidente que el mundo entero está apostando por la energía solar fotovoltaica como fuente de generación eléctrica a un ritmo extraordinariamente rápido y parece que no hay ninguna intención de frenarlo: actualmente la contribución de la energía solar fotovoltaica supone aproximadamente el 2,6 % de

la electricidad demandada en el mundo.

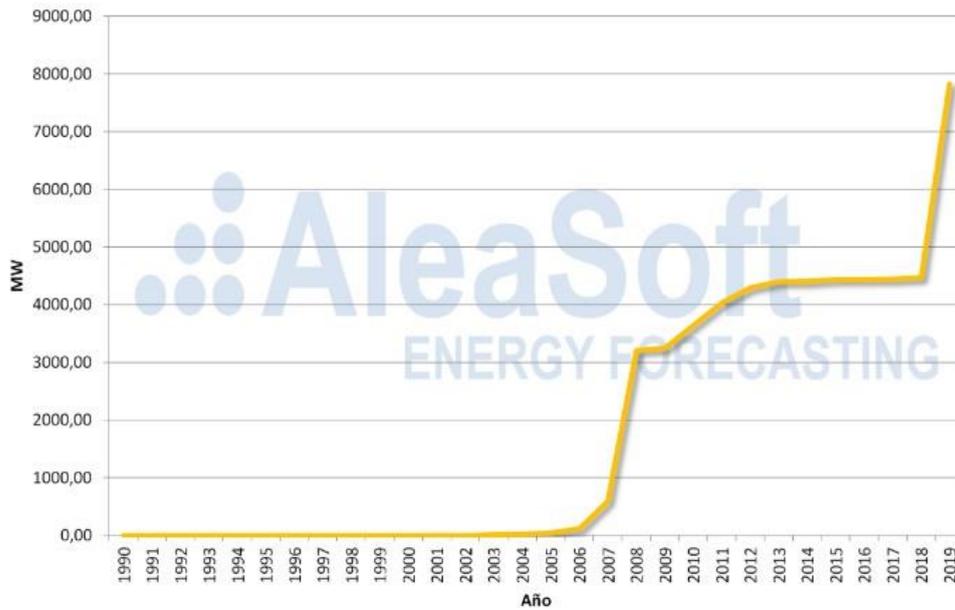
### **3.3.1. Desarrollo de la energía solar fotovoltaica en España**

En nuestro país en concreto, el nacimiento de la energía solar fotovoltaica se remonta a 1984. En ese año, Iberdrola instaló la primera instalación fotovoltaica conectada a la red en San Agustín de Guadalix. Esta fue la única central con la que contó España durante aproximadamente 10 años. A partir de 1993, se sucedieron una serie de proyectos hasta que en 1995 la potencia total instalada ascendía a 1,6 MW. Sin embargo, esta tecnología no se regulaba en el contexto del sistema eléctrico, permaneciendo en el ámbito de la investigación.

En 1998, se establecieron primas por kWh inyectado a la red eléctrica. De esta forma, España se sumaba a la iniciativa europea que reconocía la necesidad de impulsar y potenciar esta tecnología. Dos años después, en 2000, se implantaron condiciones administrativas y técnicas que representaron la verdadera apertura del sector fotovoltaico en la industria española.

Pese a estos incentivos, en 2004, la energía fotovoltaica en España representaba un porcentaje muy pequeño del conjunto de las fuentes renovables, las cuales representaban el 6,5 % de la energía primaria consumida.

Ante el desarrollo insuficiente de las energías renovables, en 2004 la legislación cambió pasando del sistema de pago primas por kWh inyectado a la red al abono de un porcentaje sobre la TMR (Tarifa Media de Referencia). En 2007, de nuevo se volvió a cambiar la legislación para fijar una tarifas y primas reguladas fijas, lo que supuso un gran beneficio para las grandes instalaciones solares fotovoltaicas. Este cambio supuso un gran incremento en la rentabilidad de estas instalaciones lo que incentivó a que se realizaran numerosas inversiones en esta tecnología hasta el punto de que, en dos años, la potencia instalada se había multiplicado por 30.



*Imagen 7: Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España peninsular*

De esta manera, en tan sólo dos años la energía solar fotovoltaica superó a la generación hidroeléctrica. Sin embargo, este auge se vio frenado por la crisis económica que experimentó España en 2008.

Tras el fin de la crisis, la tecnología fotovoltaica continuó creciendo a pesar de que experimentó diversos golpes legislativos: el impuesto del 7% sobre la producción de electricidad en 2013, que fue suspendido en 2018 y reintroducido nuevamente en 2019 y el impuesto al sol en 2015 que ha fue eliminado en 2018 como medida para abaratar la factura eléctrica.

Pese a estos frenos legales, la energía fotovoltaica continuó prosperando en nuestro país, gracias tanto a la mejora tecnológica en la eficiencia de las placas solares, como al abaratamiento de las mismas, logrando que ya por sí sola esta forma de obtención energética resultara rentable sin la necesidad de primas.

Actualmente, la apuesta por la explotación de la energía fotovoltaica es clara: el año pasado se instalaron en total más de 4 GW de potencia de origen renovable, de los cuales el 64% se correspondía a fotovoltaica. Así, resulta evidente el interés existente en España por el aprovechamiento de la tecnología

fotovoltaica. Además, con las regulaciones actuales se pretende favorecer a los agentes con el fin de que se lleven a cabo proyectos de renovables.

Así, el futuro en España en cuanto a energía fotovoltaica se refiere está garantizado. Se prevé que en los próximos diez años será la fuente de energía renovable con mayor crecimiento. España, con el elevado nivel de dependencia energética exterior que posee y los niveles tan favorables de insolación con los que cuenta, resulta un país en el que el apoyo en relación a la energía solar es fructífero, pues las instalaciones solares son eficientes y ayudan a lograr la independencia energética. Si se tienen en cuenta los precios de aquellos productos que España debe importar, se podría decir que la contribución y ayuda de las energías autóctonas a satisfacer la demanda energética resulta especialmente atractiva y en un menor coste de lo que actualmente se paga por la vulnerabilidad energética del país.

### 3.4. Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica

La generación eléctrica a partir de la radiación solar posee un gran número de ventajas por tratarse de una forma de obtención energética abundante, limpia e inagotable. Sin embargo, este tipo de energía también presenta algunos inconvenientes por el alto coste y complejidad que supone la construcción e instalación de sus plantas de operación y el impacto ambiental por la gran extensión superficial que ocupa su tecnología.

#### 3.4.1. Ventajas

- Es una **energía renovable**. Se trata de un tipo de energía inagotable, pues se obtiene a partir de un recurso natural interminable como es el sol. La generación de electricidad a partir de la radiación solar permite afrontar los problemas de agotamiento y escasez de los recursos no renovables como son el carbón, el petróleo o el gas natural, reduciendo asimismo su dependencia

energética.

- Contribuye al **cuidado del medio ambiente**. La energía solar es una fuente limpia, no emite gases de efecto invernadero, lo que supone un gran beneficio para el planeta y ayuda en la lucha contra el cambio climático. Sí es cierto que se generan ciertos residuos durante el transporte e instalación de los paneles fotovoltaicos pero su cantidad es muy reducida si se compara con los generados en la explotación de los recursos no renovables.
- Es un **recurso abundante**. La cantidad de energía que el Sol vierte en forma de radiación solar sobre la Tierra diariamente es 10.000 veces mayor que la energía que se consume en el mundo entero.
- **Subvenciones para autoconsumo**. Con el fin de fomentar el empleo de la energía solar fotovoltaica como productor de electricidad y autoconsumo, los gobiernos de numerosos países, entre ellos España, ofrecen subvenciones con el fin de ayudar a los empresarios y propietarios de viviendas a invertir en esta tecnología instalando placas solares para el autoconsumo energético.
- **Mínimo mantenimiento**. Los paneles solares tienen una vida útil de aproximadamente unos 30 años y requieren de un mantenimiento realmente bajo. A diferencia de otras tecnologías, las instalaciones fotovoltaicas precisan de un mantenimiento sencillo basado principalmente en la limpieza de la superficie de los paneles.
- **Acceso a la energía en sitios remotos**. Es la solución idónea para aquellos emplazamientos a los que no llega el tendido eléctrico. Una instalación solar fotovoltaica junto con baterías es capaz de abastecer eléctricamente a una empresa o vivienda que se encuentra en un lugar de acceso difícil para las compañías eléctricas.

- **Es silenciosa.** La operación de la instalación fotovoltaica no genera ningún tipo de ruidos, por lo que no genera contaminación acústica.
- **Disponibilidad global.** El sol brilla, en mayor o menor medida, en todo el mundo, por lo que el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica es posible en cualquier lugar del planeta.
- **Reducción en los costes de electricidad y ahorro en la factura de luz.** Aprovechando adecuadamente las horas de luz solar diarias para poner en funcionamiento aquellos dispositivos que más energía consumen, puede resultar en una gran reducción de la factura eléctrica. Además, si un hogar o empresa consume menos de lo que genera, puede vender ese excedente de energía obteniendo a cambio una compensación económica. Así, esta forma de obtener energía está creciendo en popularidad entre los usuarios, pues ven en ella una manera de reducir considerablemente el coste de su factura eléctrica.

### 3.4.2. Desventajas

- **Elevado coste de inversión inicial.** Este tipo de tecnología requiere de una elevada inversión inicial. La técnica de construcción y fabricación de los módulos fotovoltaicos resulta compleja y, por lo tanto, cara. Además, se necesitan aproximadamente unos diez años para amortizar el coste inicial.
- **Dependiente del clima.** La eficiencia de captación de la radiación solar por parte de los módulos fotovoltaicos depende de las condiciones meteorológicas, disminuyendo considerablemente con la existencia de lluvia o nubosidad. Por lo tanto, no es posible una predicción exacta de la energía producida diariamente debido a esta dependencia.
- **Es variable.** El ángulo con el cual la luz solar incide en una determinada región del planeta varía a lo largo del día. Esto dificulta el máximo aprovechamiento de la radiación solar durante todas las horas del día para aquellos dispositivos

colectores que poseen una posición fija. Asimismo, la cantidad e intensidad de la radiación solar también varía dependiendo de la época del año. Los países en las áreas templadas reciben más horas de luz solar durante el verano y primavera que en invierno y otoño mientras que en los países tropicales, el número de horas de luz es prácticamente el mismo a lo largo del año.

- **Almacenamiento caro.** El almacenamiento a día de hoy de la energía solar mediante el uso de baterías resulta costoso y éstas no están aun suficientemente desarrolladas.
- **Limitada por el espacio.** La tecnología requerida para producir electricidad a partir de la radiación solar a gran escala precisa de extensiones de tierra grandes.
- **Baja eficiencia de los paneles.** De toda la radiación solar que llega a los módulos fotovoltaicos, tan sólo una parte se convierte en electricidad. A pesar de que es posible incrementar la eficiencia con distintas técnicas, el coste es bastante elevado. Sin embargo, debido a la física de la tecnología actual, a día de hoy no es posible incrementar la eficiencia de los paneles por encima del 30%.
- **Impacto ambiental.** Uno de los principales inconvenientes asociados a los equipos fotovoltaicos es que cuando llegan al final de su vida, se generan ciertos residuos. Éstos perduran en el ambiente durante siglos y son altamente tóxicos, por lo que su tratamiento representa un serio problema. Otro de los problemas es el gran impacto visual que genera en el paisaje natural.

## 4. Clasificación de las centrales solares fotovoltaicas

Las instalaciones solares fotovoltaicas se clasifican en dos grupos en función de la aplicación a la que va destinada la electricidad generada: instalaciones aisladas e instalaciones conectadas a la red eléctrica.

### 4.1. Instalaciones aisladas

No poseen conexión alguna con la red eléctrica. La energía generada por este tipo de instalaciones va destinada al lugar de consumo donde se encuentran ubicadas. Toda la electricidad demandada se abastece mediante la propia producción de la instalación. Este tipo de instalación resulta una opción idónea en aquellos lugares donde no resulta factible ni viable la acometida de red. Estas centrales requieren de sistemas de baterías o acumuladores para almacenar energía y asegurar el abastecimiento.

Este tipo de instalaciones se deben dimensionar para satisfacer la potencia demandada habitual diaria por los consumidores. Para ello, se eligen las condiciones menos favorables para llevar a cabo el dimensionamiento, es decir, con menor irradiación y mayor demanda eléctrica.

Los días de autonomía se corresponden con el número de días consecutivos que la instalación es capaz de satisfacer la demanda con la energía almacenada en el sistema de baterías. Este tipo de centrales pueden incorporar en su instalación un grupo electrógeno para garantizar el suministro en caso de fallo o avería y reducir los días de autonomía.

### 4.2. Instalaciones conectadas a la red

Este tipo de centrales están conectadas a la red eléctrica, de forma que de toda la electricidad que generan, la totalidad o parcialidad de la misma es vertida directamente a la red.

Si la central está conectada directamente y únicamente a la red (no está conectada a ningún edificio o industria), la instalación funcionaría como si de una central de producción de electricidad se tratase: la energía generada se vierte directamente en la red eléctrica; la electricidad producida por los paneles solares y su consumo son independientes. En este caso, el usuario compra su electricidad demandada a la compañía distribuidora a los precios establecidos.

En el caso de que este tipo de instalaciones se adapten a una industria o edificio, éste incorporará una nueva instalación eléctrica y pasará a tener dos centrales eléctricas diferenciadas: por un lado, la instalación solar fotovoltaica y por otro, la línea habitual de suministro de energía eléctrica a través de la red. Son las denominadas instalaciones solares de autoconsumo y es en este tipo de instalación fotovoltaica en la cual se centra el presente proyecto.

#### **4.2.1. Instalaciones de autoconsumo**

Este tipo de sistemas generadores fotovoltaicos son aquellos cuya misión es cubrir al menos una parte de la demanda eléctrica del consumidor al que va destinada la instalación. El objetivo principal de este tipo de instalaciones es lograr una mayor independencia energética del demandante, reduciendo considerablemente el coste de su factura eléctrica con su comercializadora.

Las instalaciones de autoconsumo pueden poseer o no sistema de almacenamiento de energía en baterías. Lo común, para no incurrir en más costes es no disponer de ningún sistema de acumulación, ya que, al estar conectadas a la red eléctrica, en las horas con ausencia de sol, puede obtener la electricidad demandada importándola directamente de la red.

La gran ventaja de este tipo de instalaciones conectadas a la red es que el excedente de energía generada se puede vender a la compañía eléctrica y si la potencia demandada es superior que la generada, la diferencia se puede obtener de la red eléctrica.

## 5. Elementos y equipos que componen la instalación solar fotovoltaica

Una instalación solar fotovoltaica, de manera general, se ajusta a un esquema como el representado en la imagen. Los diferentes elementos que la conforman se detallan a continuación:



*Imagen 8: Componentes de una instalación solar fotovoltaica*

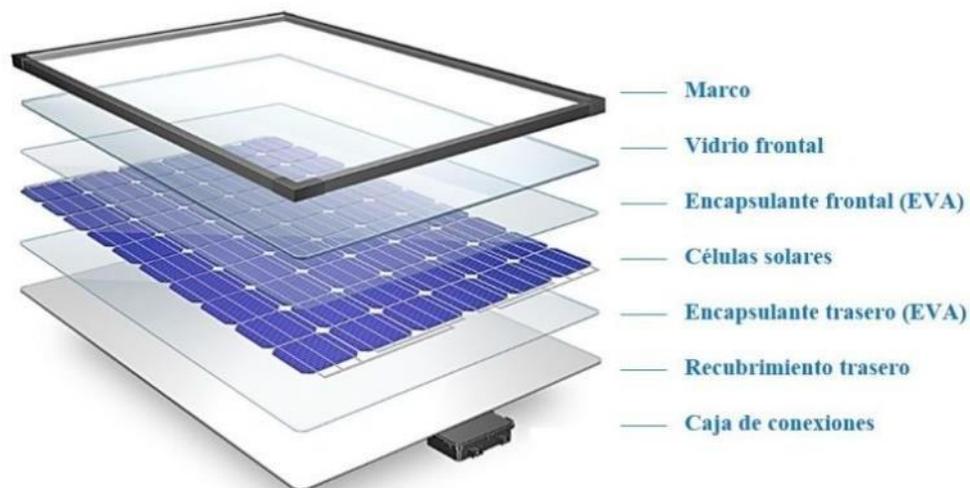
### 5.1. Paneles solares fotovoltaicos

Los paneles solares fotovoltaicos, también denominados placas o módulos fotovoltaicos, son los responsables de transformar la radiación solar que incide sobre los mismos en energía eléctrica gracias al efecto fotovoltaico. Dichos paneles se componen de un conjunto de celdas o células solares, unas pequeñas placas conectadas en serie en el interior del panel y que suelen fabricarse a base de silicio cristalino. Cuanta más superficie tenga el panel solar, más celdas lo conformarán, mayor cantidad de luz solar recibirá y, por lo tanto, mayor cantidad de electricidad

podrá generar.

Una célula solar típica produce una potencia de 4 W aproximadamente, con una intensidad en el rango de 7 a 8 A y una tensión de 0,5 V. Debido a los valores tan pequeños de potencia y tensión resulta preciso la conexión de numerosas células en serie. El conjunto de todas ellas es lo que forma el panel solar. Al unir varias celdas solares en serie lo que se logra es que la tensión individual de cada una de ellas se sume dando como resultado la tensión total del panel. Del mismo modo, la potencia total del panel solar fotovoltaico corresponde a la suma de las potencias individuales de cada una de las células del panel. En cuanto a la intensidad, la intensidad del panel será la que circule por una de las celdas.

### 5.1.1. Partes de un panel solar fotovoltaico



*Imagen 9: Partes que forman un panel solar*

- Marco: Generalmente hecho de aluminio. Su misión es dar robustez al panel y facilitar su instalación dando al conjunto una estructura manejable. Además, protege el perímetro de la humedad, así como de posibles golpes durante su manipulación.
- Cubierta frontal: es la parte más externa del panel solar. Su función es proteger

a las celdas de los agentes atmosféricos por lo que debe estar construido a partir de un material resistente, generalmente vidrio. Su superficie debe ser antirreflexiva para favorecer la penetración de la radiación solar, y antiadherente para evitar que la suciedad se quede pegada. El rendimiento del módulo solar dependerá en gran parte de la calidad de este cristal.

- Capas encapsuladas: Estas capas interiores tienen la misión de proteger tanto las celdas solares como sus contactos. Suelen estar fabricadas a base de un polímero termoplástico, EVA, material que proporciona una transmisión excelente de la radiación solar evitando las pérdidas de intensidad.
- Células fotovoltaicas: son los componentes más importantes del panel. Son las encargadas de transformar la luz solar en electricidad gracias al efecto fotovoltaico.
- Protección posterior: Del mismo modo que la cubierta frontal, la protección posterior se encarga de proteger al panel solar por la parte inferior de los agentes atmosféricos y actúa como barrera intransitable contra la humedad.
- Caja de conexiones: de ellas salen los terminales de interconexión.

### 5.1.2. Clasificación

Las placas fotovoltaicas se clasifican en:

- Monocristalinas: están compuestas de secciones de un solo cristal de silicio u otro tipo de material semiconductor (normalmente aleaciones III-V).
- Policristalinas: cuando están constituidas por varias partículas cristalizadas pequeñas, normalmente silicio.
- Amorfás: cuando no se ha cristalizado el silicio. Normalmente son células hechas de diversos tipos de material: CdTe, silicio u otras aleaciones y de capa delgada.

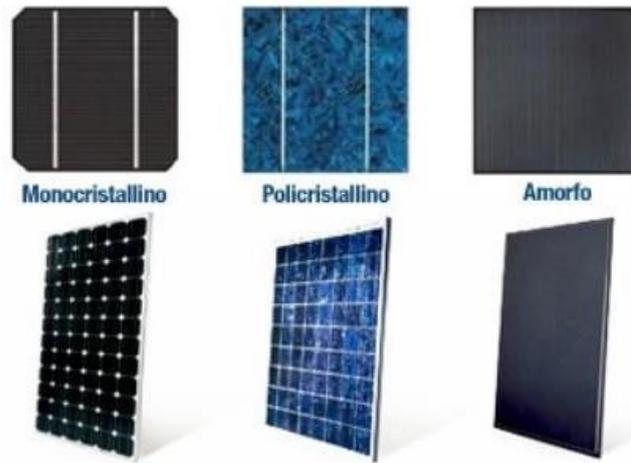


Imagen 10: Clasificación de los paneles solares

Gran parte de las células solares están formadas por silicio monocristalino o policristalino. Las de monocristalino se construyen a partir de un solo cristal de silicio, el cual se extrae de un baño de silicio que se encuentra fundido. Estas células son las más usadas en lo que a tecnología solar se refiere y, asimismo, las más comercializadas, pues su rendimiento es el mayor si se compara con el resto de células solares llegando a valores entre el 15% y el 18%. Sin embargo, debido al elevado coste de las células monocristalinas, cada vez se está utilizando más el silicio policristalino, ya que es más barato de fabricar y su rendimiento tiene un valor entre el 12% y el 14%, cercano al de las células monocristalinas. Por último, cabe destacar que existe otra familia de células formadas por silicio amorfo, siendo más baratas y simples de fabricar que las anteriores, pero cuenta con la desventaja de que, aunque poseen un comportamiento bueno ante agentes externos, su rendimiento es bastante menor si se compara con las células monocristalinas, menor de un 10% y se degradan más rápidamente.

### 5.1.3. Características

Al dimensionar una instalación solar fotovoltaica, es preciso conocer una serie de parámetros eléctricos característicos de los módulos fotovoltaicos, los cuales se presentan a continuación:

- Tensión de circuito abierto ( $V_{OC}$ ): es el valor de tensión máxima proporcionada por el panel iluminado cuando no existe ninguna carga conectada entre los bornes del panel y los bornes se encuentran al aire.
- Corriente de cortocircuito ( $I_{CC}$ ): es la intensidad máxima generada en el panel iluminado cuando se cortocircuitan los bornes y no hay ninguna carga conectada.
- Punto de máxima potencia ( $I_{mpp}$ ,  $V_{mpp}$ ): se corresponde con el punto en el cual la potencia entregada a una carga resulta máxima, obteniéndose el mayor rendimiento posible del panel.
- Rendimiento y eficiencia ( $\eta$ ): se define como el cociente entre la máxima potencia que el panel es capaz de entregar a la carga y la potencia de la radiación solar que incide sobre el panel.
- Factor de forma (FF): Es la relación entre la máxima potencia que el panel es capaz de entregar funcionando en su punto óptimo. Este parámetro se calcula multiplicando la tensión de máxima potencia ( $V_{mpp}$ ) y la corriente de máxima potencia ( $I_{mpp}$ ) dividido por el producto de  $I_{CC}$  y  $V_{OC}$ . El factor de forma sirve para, a partir de la forma característica que presenta la curva I-V de los paneles, evaluar su calidad. Cuanto mayor sea el FF, más “cuadrado” será el codo de la curva I-V y viceversa.

Todos los parámetros característicos de un módulo fotovoltaico se pueden mostrar mediante su curva I-V (corriente-voltaje). Esta curva muestra pares de valores de corriente y tensión, medidos experimentalmente de un panel solar sometido a unas condiciones determinadas de temperatura e irradiancia. Asimismo, en esta curva se representan los valores de la corriente de cortocircuito ( $I_{CC}$ ) y la tensión a circuito abierto ( $V_{OC}$ ) en los que puede estar funcionando el panel, además del punto de máxima potencia ( $I_{mpp}$ ,  $V_{mpp}$ ). Si los valores de la temperatura de las células o la radiación que incide sobre el panel se modifican, la

curva I-V también variará, pues estas dos variables son las que mayor influencia tienen en la respuesta eléctrica del panel.

El estándar aceptado internacionalmente para medir la respuesta de los paneles fotovoltaicos es el siguiente:

- Temperatura de la célula: 25° C
- Radiación: 1000 W/m<sup>2</sup>

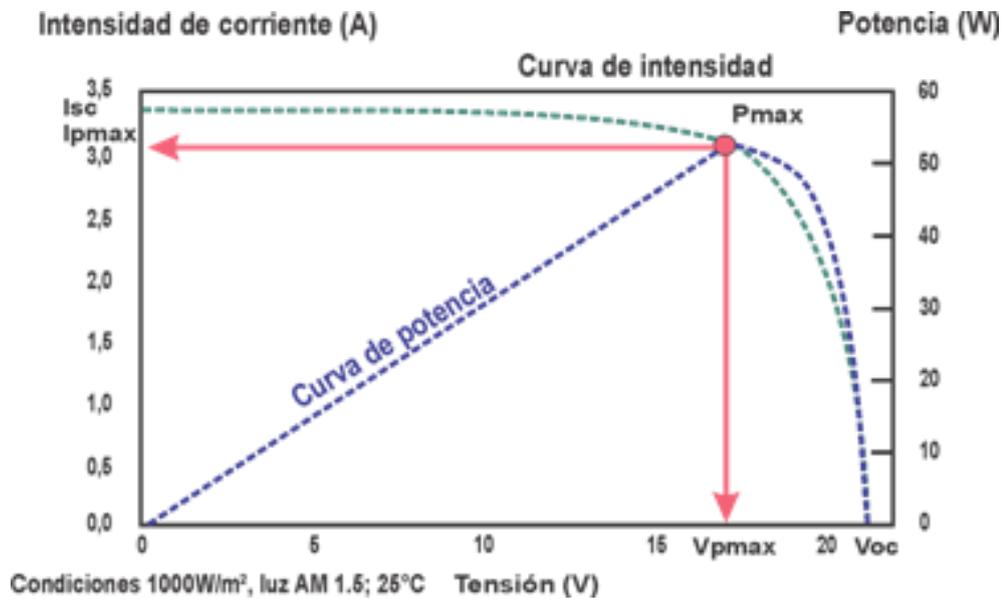


Imagen 11: Curva I-V bajo condiciones estándar de medida

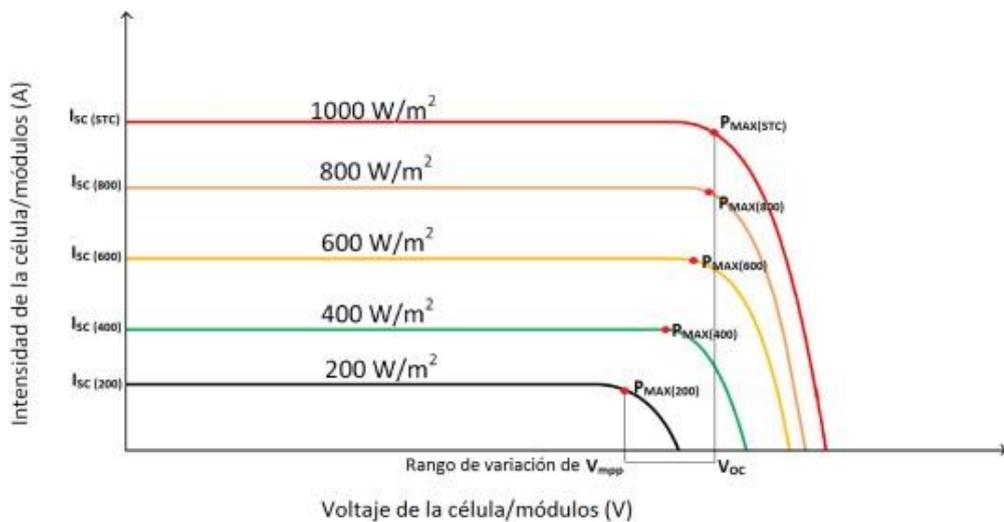


Imagen 12: Efecto de la variación de la potencia de radiación sobre la curva I-V

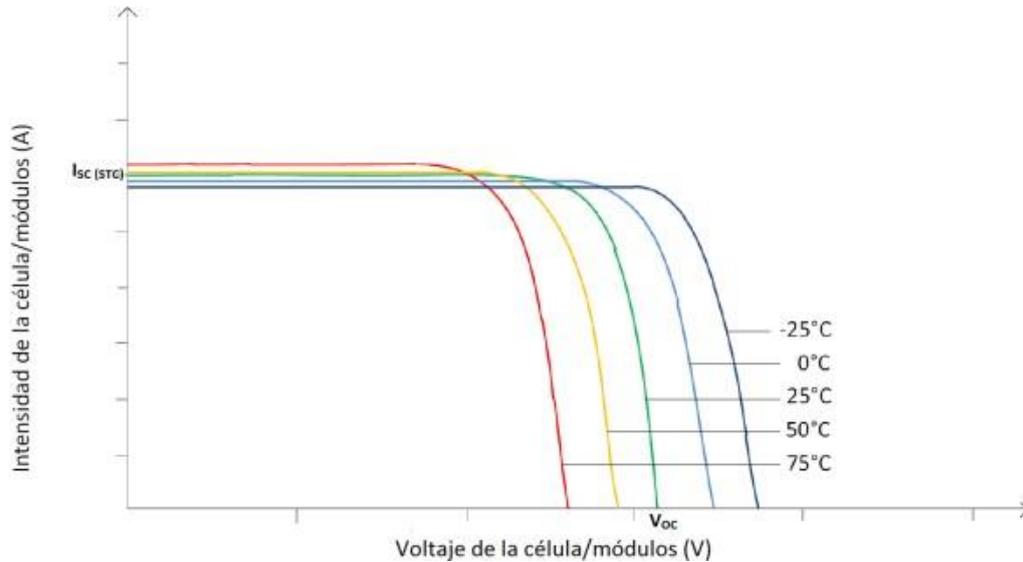


Imagen 13: Efecto de la variación de la temperatura de las células sobre la curva I-V

Todos los parámetros anteriormente mencionados de los paneles fotovoltaicos vienen proporcionados por los fabricantes en las respectivas hojas de características y se obtienen bajo las condiciones estándar de medida.

De esta forma, si las condiciones reales a las que el panel se ve sometido son distintas a las de estándar de medida, sus características cambiarán. El cambio que suponen estas condiciones en los parámetros es preciso tenerlo en cuenta a la hora de diseñar la instalación ya que ésta puede verse afectada si las condiciones normales de funcionamiento difieren mucho de las estándar de medida. Para ello, es preciso conocer dos importantes parámetros de los paneles:

- Coeficiente de temperatura  $I_{sc}$ : se trata del coeficiente de corrección para la máxima corriente que se genera en el panel cuando cortocircuitamos sus bornes y no hay ninguna carga conectada. Muestra cómo, con una variación en los valores de temperatura, varía la intensidad. La intensidad de cortocircuito disminuye con la disminución de la temperatura y viceversa. Con este coeficiente es posible representar cómo se comporta el panel fotovoltaico ante variaciones en la temperatura observando cómo varían la corriente y tensión de máxima potencia, la corriente de cortocircuito y la tensión de circuito abierto en la gráfica de I-V anteriormente descrita tomando como referencia una

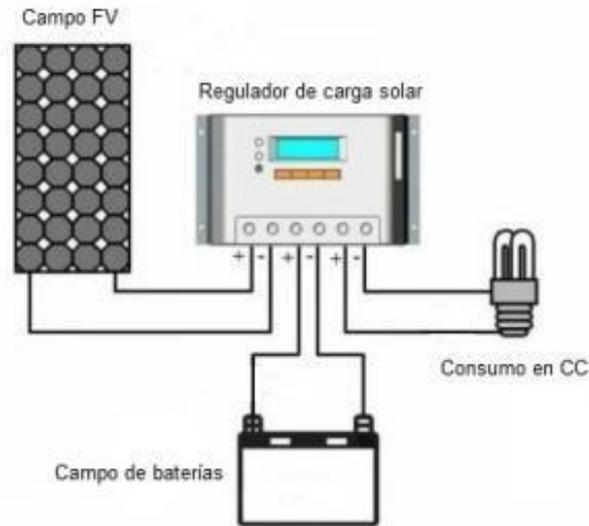
irradiancia bajo condiciones estándar de medida, esto es, 1000 W/m<sup>2</sup>

- Coeficiente de temperatura (VOC): se trata del coeficiente de corrección para la máxima tensión que se genera en el panel a circuito abierto y no hay ninguna carga conectada. Muestra cómo, con una variación en los valores de temperatura, varía la tensión. La tensión de circuito abierto disminuye con el incremento de temperatura y viceversa. Es frecuente que cada fabricante dé un valor exacto para cada módulo.

## 5.2. Regulador de carga

Muchas de las instalaciones fotovoltaicas, especialmente las aisladas y algunas destinadas al autoconsumo, disponen de un sistema de baterías para almacenar el excedente de energía producida cuando los niveles de irradiación solar son altos, para utilizar, posteriormente, ese excedente cuando los módulos solares no son capaces de generar la energía que demanda la instalación.

El regulador de carga es el dispositivo encargado de controlar este proceso de carga y descarga de las baterías mediante el control de los parámetros de voltaje e intensidad que se inyectan en el sistema de baterías. Se instala entre las baterías y los paneles solares y su función es proteger la batería frente a sobredescargas y sobrecargas de la misma con el objetivo de alargar su vida útil.



*Imagen 14: Conexión del regulador de carga en la instalación fotovoltaica*

Por lo tanto, el regulador puede trabajar en dos zonas: por un lado y relacionada con la zona de carga, su función es garantizar que la batería se cargue suficientemente evitando las sobrecargas y por otro, en el lado de descarga, evitar que la batería se descargue excesivamente y garantizar el suficiente suministro eléctrico diario. Sin embargo, en la práctica real, el inversor se conecta a la salida de los acumuladores o baterías, encargándose de controlar la zona de descarga en lugar del regulador, por lo que este último solo controla la zona de carga; de ahí su nombre.

Cabe destacar que el dimensionado de una instalación solar fotovoltaica que busca cubrir la totalidad de la demanda, se realiza de manera que se asegure la generación de energía en las condiciones de funcionamiento más adversas, es decir, en las condiciones peores de luminosidad del sol. Por ello, los valores que se toman como referencia son los de irradiación en invierno. Esto puede ocasionar que, en verano, la energía generada por los paneles solares resulte en valores mucho mayores que los estimados. Por ello, es imprescindible la conexión del regulador entre las baterías y los módulos para evitar el exceso de corriente y/o carga. Este exceso de corriente podría dañar el electrolito de las baterías con el peligro que ello conlleva.

Solo en aquellas instalaciones conectadas a red que no poseen baterías, se podrá prescindir del regulador de carga.

El inversor se debe conectar a la salida de las baterías y no a la salida del regulador. Para que el inversor se pudiera conectar a la salida del regulador, este último debería ser capaz de soportar la máxima intensidad que soporta el inversor, cuyo valor suele ser bastante elevado. El problema es que encontrar un regulador que soporte la misma intensidad que el inversor es prácticamente imposible, ya que o bien no existen reguladores para esa intensidad tan elevada en el mercado o bien serían carísimos. Por lo tanto, la solución más adecuada es conectar el inversor a la batería y que se ocupe de la zona de descarga. De esta forma, el regulador únicamente tiene que soportar la intensidad máxima de los módulos solares. Los únicos casos en los que se recomienda la conexión directa del regulador al inversor es cuando la intensidad de consumo es menor o igual a la de carga que procede de los módulos solares o para instalaciones de poca potencia.



Imagen 15: Conexión adecuada del inversor con respecto al regulador de carga

La mayor parte de los reguladores suelen poseer una salida en corriente continua usada para que el exceso de carga procedente de los paneles, se pueda

aprovechar para algún aparato dispositivo eléctrico que funciona a corriente continua.

Los fabricantes especifican en una hoja de características los valores de trabajo del regulador. Aparecerá lo siguiente:

- Normas de seguridad que cumple
- Características eléctricas
- Características físicas: dimensiones, peso, material con el que ha sido fabricado, etc.

Asimismo, el regulador, aparte de proteger la instalación tiene que proteger a las personas. Es por ello que deben llevar sistemas que garanticen las adecuadas medidas de seguridad y también los fabricantes proporcionarán este tipo de información.

En el catálogo se indicará el tipo de regulación que lleva, el tipo de sistema de regulación que lleva (serie o paralelo), las protecciones de las que dispone, las alarmas que se generan si algo no funciona correctamente, las protecciones de las que dispone y el tipo de batería que se puede conectar a la salida del equipo. También, se menciona la temperatura a la que está destinado a trabajar el regulador y la influencia que puede ejercer esta sobre el funcionamiento correcto del mismo.

### **5.2.1. Funciones**

El regulador de carga es un dispositivo regulador de la corriente y/ o el voltaje que cumple tres funciones:

- Proteger la batería contra sobredescargas o sobrecargas. Cuando la batería está completamente cargada, el regulador con el fin de evitar sobrecargar la batería, interrumpe su conexión con los paneles solares. En el caso contrario, cuando la carga de la batería desciende por debajo de cierto valor, el regulador corta la

conexión de la batería con la red de consumo para evitar su sobredescarga.

- Proteger la batería contra sobretensiones. Es posible que se den sobretensiones a la entrada de las baterías cuando, por ejemplo, la temperatura de trabajo de las células solares desciende mucho. El regulador evita estas sobretensiones en las baterías que podrían dañarlas.
- Evitar la descarga por la noche de las baterías: El regulador mide la tensión de entrada de los paneles solares para detectar que es de noche. De esta forma, si detecta que es de noche, evita la circulación de corriente a las placas solares de la batería mediante la desconexión de la entrada. Para ello, emplea un diodo para evitar que le corriente circule en sentido inverso.

### 5.2.2. Tipos

Existen dos tipos de sistemas de regulación en lo que a la forma de conmutación con la batería se refiere:

- Reguladores en serie: cuando la tensión excede de un determinado valor umbral, desconectan al generador. Durante la noche, para evitar que las baterías se descarguen en el módulo fotovoltaico, el circuito de carga se mantiene abierto. Este tipo es el más usado hoy en día en las instalaciones.
- Reguladores en paralelo: la manera de controlar el exceso de tensión es derivar la corriente a otro circuito que disipe la energía sobrante. Cuando las baterías llegan al estado de plena carga este tipo de reguladores deben disipar la totalidad de la corriente de salida del panel. A día de hoy, los reguladores en paralelo están en desuso y sólo se utilizan en instalaciones de pequeña potencia. Esto se debe a la menor eficiencia de este tipo de control con respecto a la versión en serie, ya que se reduce el máximo valor de la tensión de carga y genera pérdidas de potencia.

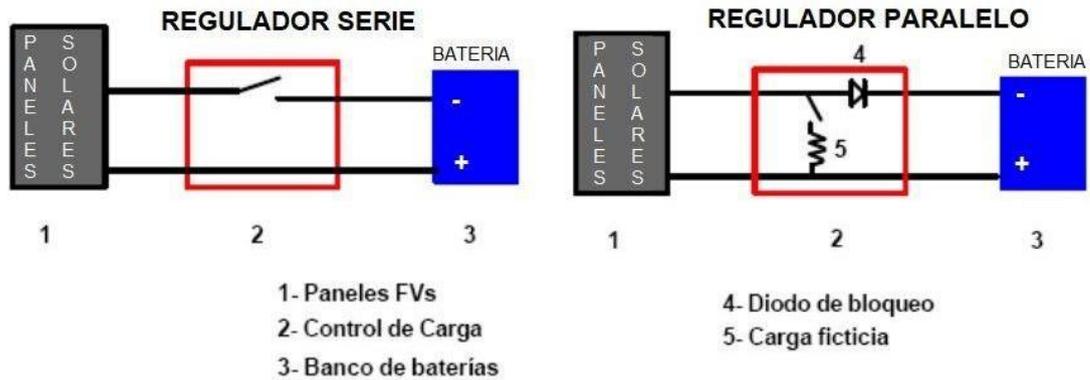


Imagen 16: Tipos de sistemas de regulación

### 5.3. Sistema de baterías

La llegada de la radiación solar a los paneles fotovoltaicos no es uniforme, presenta variaciones. Muchas de estas variaciones se pueden predecir con anterioridad, tal como las estaciones del año o lo que dura la noche, pero hay muchas otras causas que no como es el caso de factores climatológicos, por ejemplo, excesiva nubosidad que produciría alteraciones en la cantidad de energía incidente en el módulo y, por lo tanto, en la electricidad generada.

Este hecho hace preciso que, para aquellos momentos en los que la instalación no es capaz de funcionar en los valores diseñados y deseados, se haga uso de algún sistema de almacenamiento de energía para poder utilizarla en aquellas horas de “baja insolación”: es por ello que se necesita un sistema de baterías, también llamado acumuladores.

El sistema de baterías es capaz de almacenar la energía en forma de energía química para posteriormente transformarla en energía eléctrica.

A partir de la electricidad generada por los paneles fotovoltaicos las baterías se recargan mediante un regulador de carga. Luego pueden entregar la energía almacenada a la salida de la instalación para su consumo.

Las baterías tienen tres funciones principales en una instalación solar fotovoltaica:

- Proporcionar suministros de elevado consumo y de falta de tensión o corta

duración. Se ocupa de garantizar una elevada potencia instantánea y de nivelar los picos.

- Suministrar energía de apoyo en los momentos en los que la potencia de radiación es baja. Para lograr esta misión, las baterías almacenan energía en horas donde el consumo es bajo para entregarla posteriormente en horas punta donde hay mucha demanda energética.
- Garantizar el funcionamiento estable de la instalación solar fotovoltaica.

### 5.3.1. Funcionamiento

Una batería se compone de uno o dos electrolitos, una sustancia química en estado líquido en cuyo interior se introducen dos electrodos, uno positivo (cátodo) y otro negativo (ánodo), siendo estos, dos placas metálicas distintas. Al conjunto formado por el electrolito y los dos electrodos se le conoce como celda electroquímica, siendo esta una batería del tamaño más pequeño que se puede fabricar.

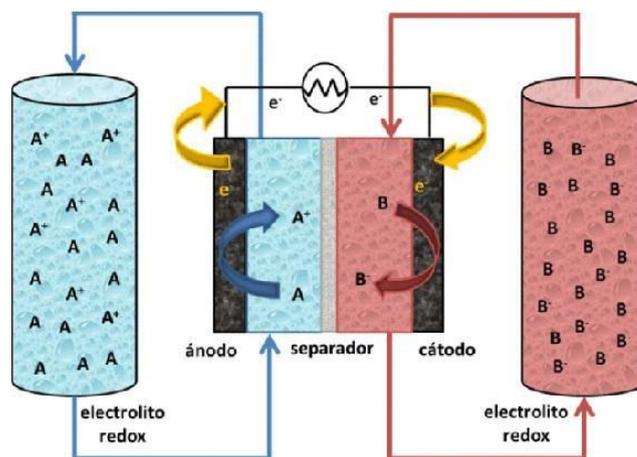


Imagen 17: Componentes de una batería

- **Carga de la batería:** Al unir los dos electrodos a los paneles solares (que se corresponden con la fuente de energía), se almacena energía eléctrica en el electrolito gracias a un proceso químico. Esta energía química en su interior provoca que entre los dos electrodos se genere una diferencia de potencial que va incrementando poco a poco. Cuando la diferencia de potencial entre los dos electrodos alcanza un valor de 2V, la batería se ha cargado enteramente.
- **Descarga de la batería:** Si se conectan los electrodos a un circuito externo, la diferencia de potencial provoca que circule corriente eléctrica por dicho circuito. Con el paso del tiempo, la batería se va descargando, es decir, la diferencia de potencial entre sus electrodos va decreciendo y cuando alcanza el valor de 0V, significa que la batería se ha descargado completamente.

Normalmente, una batería se obtiene al unir diversas células electroquímicas en serie. Cada una de estas celdas genera una diferencia de potencial de 2V. La unión en serie hace que la tensión de cada una de estas celdas se sume.

Estos dos procesos de carga y descarga se corresponden con el funcionamiento de una batería en una instalación solar fotovoltaica. Es por ello que las baterías utilizadas en este tipo de instalaciones deben ser recargables.

### 5.3.2. Características

El conjunto de parámetros que caracterizan las baterías se presenta a continuación:

- Tensión de la batería.
- Vida útil: se mide por el número de ciclos de carga y descarga que es capaz de realizar. De esta forma, es probable que cuanto mayor sea el régimen de trabajo, menos vida útil tendrá la batería y viceversa. Para conseguir una duración adecuada de la batería, éstas no deben descargarse totalmente.

- Profundidad de descarga: se expresa en tanto por ciento y representa la cantidad máxima del total de la carga que puede descargarse la batería en un ciclo completo de carga y descarga. Este parámetro está directamente relacionado con la vida útil de la batería: cuanto menos profundos sean los ciclos de descarga del acumulador, mayor será su duración y viceversa.
- Capacidad: se corresponde con la cantidad de corriente que es capaz de proveer la batería a partir de un estado de carga total en un tiempo determinado. La cantidad de electricidad que puede suministrar en la descarga es la misma que puede almacenar durante la carga, eso es la capacidad. Su unidad de medida es el Ah (Amperio hora) y la fórmula para calcular este parámetro es la siguiente:

$$\text{Capacidad (C)} = \text{Intensidad suministrada (I)} \times \text{tiempo de actuación en horas (t)}$$

La capacidad es un parámetro que aumenta si el tiempo de descarga es largo y viceversa.

- Efecto de la temperatura: un aumento de temperatura tiene el efecto de disminuir la durabilidad de la batería e incrementar su capacidad. Del mismo modo, una disminución muy alta de la temperatura, puede ocasionar la congelación del electrolito. También es preciso tener en cuenta el calentamiento que sufren las baterías durante la carga y descarga, por lo que resulta especialmente importante situarlas en un lugar con buena ventilación con el fin de evitar, asimismo, la creación de atmósferas peligrosas y la posibilidad de una explosión. Por todo ello, lo idóneo es mantener la temperatura a 25°C.
- Eficiencia de carga: se trata de la relación entre la energía empleada que se precisa para recargar la batería y la energía realmente almacenada. Cuanto mayor sea ese valor, mejor.
- Autodescarga: es el proceso mediante el cual la batería tiende a descargarse a pesar de no estar en uso.

### 5.3.3. Tipos

Existen diversas clasificaciones de las baterías en función del acceso al electrolito, el estado del electrolito y la forma de presentación del acumulador o batería.

#### **Según el acceso al electrolito:**

- Baterías abiertas: la tapa dispone de unos tapones para poder abrir las celdas electroquímicas de la batería para rellenar el agua destilada que precisan para funcionar correctamente. Es necesario revisar continuamente el líquido del electrolito por lo que requieren de mantenimiento.
- Baterías cerradas: Poseen unas válvulas que, en el caso de que se dé una carga excesiva, liberan los gases generados. Precisan de un menor mantenimiento si se comparan con las anteriores.

#### **Según el estado del electrolito:**

- Abiertas de plomo ácido: su electrolito se encuentra en estado líquido, tratándose generalmente de ácido sulfúrico y los electrodos están fabricados a base de plomo. Son las baterías más económicas y de tipo abierto, pero sólo se deben utilizar en aquellos ciclos cuya profundidad de descarga sea pequeña. Precisan de un mantenimiento cada poco tiempo. Se usan en instalaciones fotovoltaicas de consumos discontinuos y medios-bajos.
- Baterías de GEL: el electrolito es gelatinoso y no genera salpicaduras, son de tipo cerrado, no requieren mantenimiento ni ventilación y emiten gases tóxicos. Son más caras que las anterior y las que mayor vida útil poseen. Se usan en aplicaciones de medios y altos consumos y son las más usadas actualmente.

- Baterías Secas o AGM: el electrolito se encuentra en estado líquido y absorbido en el interior de unos separadores hechos a base de fibra de vidrio. No precisan de mantenimiento ni ventilación y son de tipo cerrado. Son las indicadas ante descargas profundas y corrientes elevadas. Su vida útil es de aproximadamente cinco años y se utilizan en instalaciones de consumos medios.

#### **Según la presentación:**

- Baterías monobloque: Contiene en su interior varias celdas electroquímicas conectadas en serie y poseen un electrolito común a ellas. Un conjunto de un solo bloque exterior recubre todo esto. Debido a la dependencia de unas celdas con respecto a otras, en el caso de que una se estropeará, habría que cambiar toda la batería. Pueden ser abiertas o cerradas. Se suelen utilizar en instalaciones pequeñas, con consumos bajos.
- Baterías estacionarias: Son células electroquímicas independientes, de 2V cada una y conectadas en serie pero que se pueden sustituir individualmente. La manera en la que se presenta el líquido del electrolito es lo que las distingue unas de otras. Existen cerradas y abiertas y además de GEL, AGM y plomo. Poseen una capacidad de almacenamiento energético muy alta y su mantenimiento es mínimo. Se utilizan en grandes instalaciones y su relación calidad-precio las convierte en las más usadas a día de hoy.

## **5.4. Inversor**

El inversor es el dispositivo responsable de convertir la corriente continua obtenida en una instalación fotovoltaica en corriente alterna, además de ajustarla en tensión eficaz y frecuencia para su consumo. En las instalaciones solares fotovoltaicas se pueden distinguir dos grupos de inversores: los usados para instalaciones aisladas y los usados para instalaciones conectadas a la red eléctrica.

Generalmente, en cualquier instalación fotovoltaica el inversor no se

conecta al regulador, sino a la salida de las baterías con la misión de controlar el proceso de descarga de las mismas. Esto es debido a que el inversor es capaz de aguantar unos valores de intensidad mucho más elevados que el regulador: si se conectaran entre sí y el regulador no soportara la misma intensidad que el inversor, probablemente se quemaría.

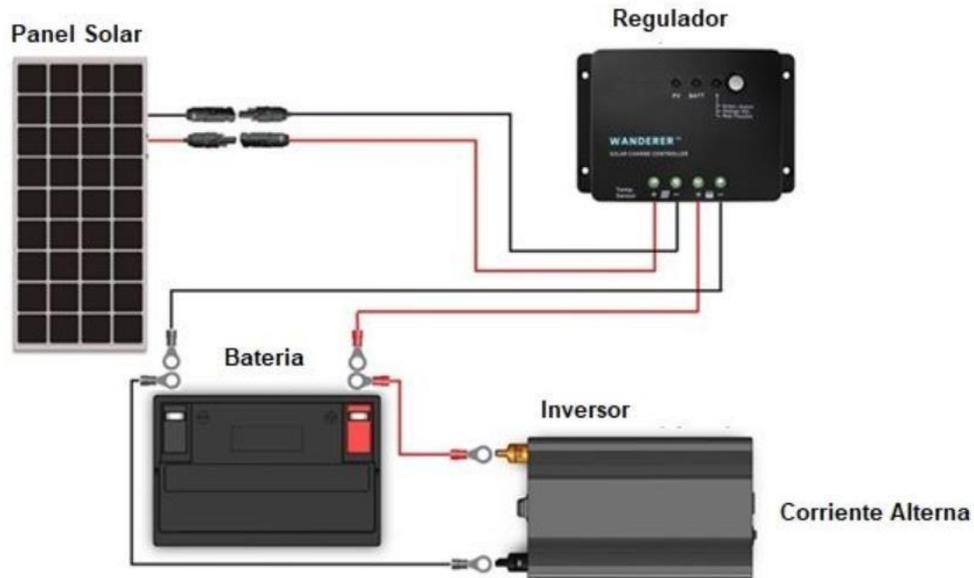


Imagen 18: Conexión del inversor a la batería

### 5.4.1. Inversor de instalación aislada

Se usan en instalaciones fotovoltaicas para autoconsumo sin conexión a la red eléctrica. Precisan de manera obligatoria de un sistema de baterías. Dentro de este grupo podemos distinguir diversos tipos de inversores:

#### **Inversor/cargador**

Cuando en una instalación de autoconsumo se prevé que debido a condiciones climatológicas u otros factores los niveles de potencia de irradiación podrían no ser suficientes para satisfacer la demanda eléctrica, se precisa añadir una fuente de energía eléctrica adicional, tal como un grupo electrógeno para generar esa falta de energía eléctrica necesaria en esos momentos en los que los

niveles de insolación no sean suficientes. Un grupo electrógeno es un equipo cuya misión es transformar el calor del sol en energía eléctrica.

Para estos casos, es necesario el uso de un inversor/cargador, cuya función es conectar el grupo electrógeno con el objetivo de cargar las baterías cuando la instalación no sea capaz de cargarlas suficientemente, evitando de esta forma que la instalación se quede sin energía.

### **Inversor/regulador**

Este tipo de inversores llevan un regulador en su interior conectado. El inversor se encarga de transformar la corriente continua en alterna y el regulador de controlar la intensidad de las corrientes y la carga de la batería.

### **Inversor/regulador/cargador**

Este tipo de equipos incorporan la función inversor, regulador y cargador, suelen ser económicos, pero no muy eficientes si se comparan con los anteriores.

## **5.4.2. Inversor de conexión a red**

Se usan en instalaciones fotovoltaicas con conexión a la red eléctrica. Los inversores en este tipo de red convierten la corriente eléctrica continua procedente de los paneles solares en corriente alterna sincronizando esta última con la corriente alterna de la red. De esta forma, la energía generada puede ser tanto inyectada a la red para su venta como consumida en una industria o vivienda. Los inversores de conexión a red deben disponer de seguidores del punto de máxima potencia con el fin de hacer trabajar a los paneles solares en ese punto para maximizar su producción. Dentro de este grupo podemos distinguir dos tipos de inversores:

### **Inversor de autoconsumo directo**

Este tipo de inversores convierten la corriente continua generada por los paneles

en alterna, la cual es inyectada directamente en el interior de la industria o vivienda. Debido a que el valor de la tensión de inyección es ligeramente superior al de la red, la energía procedente de los módulos solares se consume antes que la de la red. Por lo tanto, la potencia consumida en la industria o vivienda será abastecido mientras sea suficiente con energía del sol y si se da el caso de que el consumo es superior a la producción de electricidad, la diferencia se suplirá con energía de la red. En el caso contrario, si el consumo eléctrico es menor que la energía generada por la instalación, el excedente se verterá en la red.

### **Inversor de autoconsumo con baterías**

Este tipo de inversores con baterías realizan las funciones propias de un inversor de autoconsumo normal, pero, además permiten que las baterías almacenen el excedente de energía solar producida para utilizarla con posterioridad.

### **5.4.3. Características**

Algunos de los parámetros más característicos que definen a un inversor en una instalación solar fotovoltaica se presentan a continuación:

- **Rendimiento:** es la relación entre la potencia de salida y entrada del inversor. El valor de este parámetro sirve para determinar las pérdidas que se generan en el inversor. El rendimiento de los inversores depende de las fluctuaciones de la potencia de la instalación y sus valores oscilan entre el 90% y 97%. Se debe intentar que la potencia con la que trabaja el inversor sea próxima o igual a la nominal, puesto que el rendimiento disminuye si la potencia procedente de los módulos fotovoltaicos de entrada al inversor varía.
- **Tensión nominal:** se corresponde con la tensión que debe aplicarse a la entrada del inversor.
- **Potencia nominal:** es la potencia aparente suministrada por el inversor continuamente.

- Potencia activa: se define como la potencia real entregada por el inversor teniendo en cuenta el desfase entre la corriente y tensión.
- Capacidad de sobrecarga: es la capacidad que posee un inversor para entregar una potencia cuyo valor supere a la potencia nominal y la cantidad de tiempo que es capaz de permanecer en esa condición. Este parámetro es de especial importancia cuando alguno de los receptores precisa de más potencia durante el arranque.
- Forma de la onda.

#### 5.4.4. Protecciones

Debido a los altos costes que acarrearán las instalaciones fotovoltaicas, no se pueden permitir imprudencias y fallos en su explotación. Por esta razón, los inversores deben poseer una alta fiabilidad y rendimiento. Es por ello que este dispositivo debe equiparse con protecciones con el fin de asegurar tanto la seguridad de la instalación como su buen funcionamiento. Algunas de estas protecciones son:

- Protección contra un exceso de calentamiento: si el inversor alcanza una temperatura que sobrepasa un valor umbral determinado, es preciso que el equipo se pare y permanezca desconectado hasta que la temperatura alcance una temperatura inferior.
- Protección contra cortocircuitos y sobrecargas: su función es detectar posibles fallos que puedan ocurrir en los terminales de salida o entrada del inversor.
- Protección de aislamiento: detecta fallos que se pudieran dar en el inversor de aislamiento.
- Protección de funcionamiento modo isla: en caso de que los valores de frecuencia y tensión de red sobrepasen unos valores límite determinados que garantizan un adecuado funcionamiento, esta protección se utiliza para desconectar el inversor si se da esta situación.

- Protección contra inversión de polaridad: protege el inversor en caso de que se den cambios en la polaridad desde los módulos fotovoltaicos.

## **CAPÍTULO IV: Proyecto fotovoltaico**

### **6. Emplazamiento**

#### **6.1. Localización de la instalación fotovoltaica**

La instalación fotovoltaica para autoconsumo se situará sobre la cubierta de una nave industrial ubicada en una parcela en el polígono industrial de Vicálvaro, distrito situado en la ciudad de Madrid, concretamente al sureste.

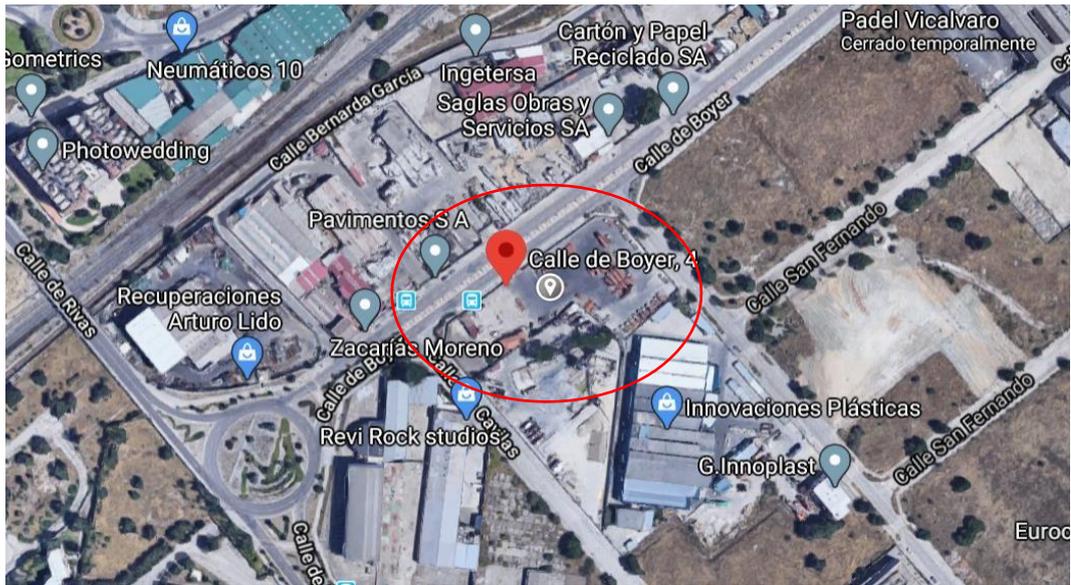
La nave industrial en la que se instalarán las placas solares se encuentra en la “Calle Boyer número 4”.

Las coordenadas geográficas exactas de la ubicación de la instalación fotovoltaica se presentan en la siguiente tabla:

<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>
<b>-3,59</b>	<b>40,4</b>

*Tabla 1: Coordenadas geográficas de la zona de emplazamiento*

En las siguientes imágenes, se puede observar la ubicación exacta de la parcela donde se situará la nave industrial y en cuya cubierta se dispondrá la planta de generación fotovoltaica.



*Imagen 19: Vista satelital de la situación de la nave industrial*



*Imagen 20: Plano de situación de la nave industrial*

## 6.2. Características de la nave industrial

### 6.2.1. Descripción de la nave

El presente proyecto buscará satisfacer parte del consumo eléctrico de una nave industrial destinada a oficinas de administración y logística.

El edificio consta de dos plantas donde se desarrolla toda la actividad y se encuentra rematado por una cubierta. Ambas plantas se encuentran conectadas a través de una escalera interior.

- Planta baja: se compone de zona de recepción para clientes con exposición de equipamiento, zona de trabajo para 12 puestos administrativos, 2 despachos individuales, zona de archivo, sala de descanso y comida del personal administrativo, aseos, zona de recepción del personal con dos puestos administrativos y un espacio para la atención de los conductores, zona de vestuarios, aseos y duchas para los conductores, sala de descanso y comida para conductores y personal del almacén, almacén del material de la empresa instaladora, sala de racks y sala de instalaciones.
- Planta primera: se compone de vestíbulo, 2 despachos individuales y una sala de reuniones con capacidad para 16 personas.

## 6.2.2. Dimensiones de la nave

Planta Baja	Superficie útil (m <sup>2</sup> )
Administración	47,47
Recepción y sala de exposiciones	63,82
Despacho individual 1	13,51
Despacho individual 2	13,51
Comedor administrativo	7,58
Aseos mujeres	6,84
Aseo hombres	6,07
Aseo minusválidos	3,86
Zona de archivo	18,91
Escalera	8,57
Comedor conductores	10,27
Recepción logística	18,02
Vestuarios conductores	17,82
Almacén	65,97
Sala de racks	3,14
Sala de instalaciones	3,12
<b>Total</b>	<b>308,48</b>

*Tabla 2: Superficie útil de la planta baja*

Planta Primera	Superficie útil (m <sup>2</sup> )
Sala de reuniones	31,25
Vestíbulo	8,07
Despacho 3	14,5
Secretaria director	7,72
Despacho director	18,94
<b>Total</b>	<b>80,48</b>

*Tabla 3: Superficie útil de la planta primera*

Planta	Superficie construida (m <sup>2</sup> )
Baja	347,03
Primera	90,58
<b>Total</b>	<b>437,61</b>

*Tabla 4: Superficie construida de la nave*

### 6.2.3. Perfil de carga de la nave

Se va a realizar una estimación de la demanda eléctrica de la nave industrial. Para ello, se estudiará el consumo puntual de cada uno de los receptores que intervienen en la actividad de la nave junto con su coeficiente de simultaneidad correspondiente.

#### **Previsión de cargas según consumo puntual**

El consumo se mantiene prácticamente constante a lo largo de todo el año. Sin embargo, hay que tener en cuenta la variable estacional, pues en verano estará en funcionamiento el aire acondicionado, por lo que el consumo en estos meses será mayor. Asimismo, también se deben tener en cuenta los periodos vacacionales donde el consumo eléctrico se verá reducido.

En cuanto a los meses de invierno, el aire caliente se obtiene mediante la instalación de una caldera de gas, por lo que su consumo en lo que a potencia eléctrica se refiere será despreciable y no se tendrá en cuenta.

Es preciso señalar que la nave industrial cuenta como principales consumos la luminaria, el aire acondicionado y los consumos de los distintos equipos electrónicos.

A continuación, se detalla la potencia eléctrica de cada uno de estos principales equipos que son precisos para el desarrollo de la actividad de la nave, así como la cantidad requerida de cada uno de ellos, su coeficiente de simultaneidad correspondiente y el tiempo que están en uso por cada hora. Se asumirá un coeficiente de simultaneidad de 1, a no ser que se indique lo contrario:

- Ordenadores: Se precisan de 19 ordenadores de mesa para cada uno de los puestos administrativos y despachos individuales. La potencia eléctrica de cada uno de estos equipos es de 200 W y funcionan durante 9 horas completas al día.
- Monitores LCD: cada uno de los 19 ordenadores tienen asociados un monitor LCD con una potencia de 50 W funcionando 9 horas completas al día.

- Servidor: el tratamiento de información de la nave se encuentra centralizada en un servidor de 250 W funcionando 24 horas completas al día.
- Impresoras multifunción (imprime, fotocopia y escanea): se disponen de 3 impresoras multifunción, 2 en la planta baja y una en la primera planta con una potencia de 750 W funcionando 7 horas diarias y 15 minutos cada hora.
- Proyector: existe un proyector en la sala de reuniones con una potencia de 500 W funcionando 1 hora al día completa.
- Teléfonos: cada uno de los despachos individuales y puestos administrativos cuentan con teléfonos de 2W de potencia funcionando 9 horas al día y 15 minutos cada hora. El coeficiente de simultaneidad es de 0,3.
- Frigorífico: Existen 2 frigoríficos, situados cada uno de ellos en las salas de descanso con una potencia de 350 W funcionando 24 horas al día completas.
- Cafetera: Existen 2 cafeteras, situadas cada una de ellas en las salas de descanso con una potencia de 700 W funcionando 2 horas al día y 30 minutos cada hora.
- Microondas: Existen 2 microondas, situados cada uno de ellos en las salas de descanso con una potencia de 1500 W funcionando 2 horas al día y 30 minutos cada hora.
- Iluminación: La iluminación de la nave industrial se realiza mediante focos LED con una potencia de 48 W encendidos durante 12 horas al día. El consumo de iluminación de la nave tiene un factor de simultaneidad de 0,3.
- Aire acondicionado: Se precisa aire acondicionado en prácticamente la totalidad de la nave industrial, excluyendo aseos, almacén, vestuario y cuarto de instalaciones, es decir, en una superficie útil total de 276,71 m<sup>2</sup>. Por lo tanto, la potencia total que se precisa de aire acondicionado teniendo en cuenta la tabla de a continuación es de aproximadamente 19.200 kW. En los meses en los que sea necesario, el aire acondicionado funcionará 2 horas al día en la

totalidad de la nave a excepción de la sala de reuniones que tan sólo funcionará durante una hora.

Superficie a refrigerar en m <sup>2</sup>	Potencia refrigerante en kW
9 - 15	1,5
15 - 20	1,8
20 - 25	2,1
25 - 30	2,4
30 - 35	2,7
35 - 40	3
40 - 50	3,6
50 - 60	4,2

Imagen 21: Tabla orientativa para selección de la potencia refrigerante en función de la superficie a refrigerar

- Calentador de agua: Se precisa de un calentador de agua en la nave de 200 litros de capacidad, 2400 W de potencia y 5 horas de tiempo de recuperación.

CAPACIDAD (litros)	CONSUMO a 45°C (l)	POTENCIA (kW)	CALCULO DE TIEMPO DE RECUPERACIÓN (h)**
10	16,7	1200	0,48
15	25,0	1200	0,73
30	50,0	1500	1,16
50	83,3	1500	1,94
65	108,3	1800	2,10
80	133,3	1500	3,10
100	166,7	1500	3,88
150	250,0	1800	4,84
200	333,3	2400	4,84
300	500,0	3000	5,81
500	833,3	6000	4,84

Imagen 22: Tabla orientativa para la selección del calentador de agua

- Grupo electrógeno de emergencia para alimentar el sistema contra incendios y demás servicios urgentes en caso de necesidad.

Tras el análisis anterior de todos los equipos eléctricos que son precisos para desarrollar la actividad de la nave, se realiza la siguiente tabla resumen en la que se especifica la potencia consumida por cada uno de estos dispositivos, así como

la cantidad requerida de cada uno de ellos, su coeficiente de simultaneidad y la potencia total simultánea del conjunto de los equipos:

RESUMEN CONSUMOS				
Equipo	Total equipos	Potencia (W)	Coeficiente de simultaneidad	Potencia equipos total simultánea (W)
Ordenador	19	200	1	3800
Monitor LCD	19	50	1	950
Servidor	1	250	1	250
Impresora láser/ Fotocopiadora/ Escáner	3	750	1	2250
Proyector	1	500	1	500
Teléfono	19	2	0,3	11,4
Frigorífico	2	350	1	700
Cafetera	2	700	1	1400
Microondas	2	1500	1	3000
Aire acondicionado oficinas	15	1000	1	15000
Aire acondicionado sala de reuniones	1	4200	1	4200
Focos LED	58	48	0,3	835,2
Calentador de agua	1	1500	1	1500
Sistemas auxiliares	1	200	1	200
<b>TOTAL</b>				<b>34596,6</b>

*Tabla 5: Resumen consumos de los principales equipos*

A continuación, se presenta el consumo eléctrico diario en cada hora de la nave industrial en dos escenarios: en aquellos días en los que se precisa aire acondicionado y en los que no. Se muestran las horas en las que cada elemento se encuentra activo consumiendo potencia y el número total de horas en las que están encendidos.

Además, también se muestra la energía y potencia simultánea que se alcanza en cada hora, así como la potencia máxima simultánea, la potencia total que hay instalada y el consumo diario.

### Meses sin aire acondicionado

Equipo	Potencia simultánea (W)	Tiempo de funcionamiento (h)	Horas del día																									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Ordenador	3800	9																										
Monitor LCD	950	9																										
Servidor	250	24																										
Impresora multifunción	2250	1,75																										
Proyector	500	1																										
Teléfono	11,4	2,25																										
Frigorífico	700	24																										
Cafetera	1400	1																										
Microondas	3000	1																										
Focos LED	835,2	12																										
Calentador de agua	1500	3																										
Sistemas auxiliares	200	24																										
Energía simultánea a cada hora (kWh)			1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	7,44	7,30	7,30	8,80	8,80	3,49	3,49	8,94	7,30	7,30	7,80	1,99	1,15	1,15	1,15	1,15
Potencia simultánea a cada hora (kW)			1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	8,15	9,00	9,00	10,50	10,50	4,99	4,99	9,65	9,00	9,00	9,50	1,99	1,15	1,15	1,15	1,15
Potencia total (kW)	15,40																											
Potencia máxima simultánea (kW)	10,50																											
Consumo total diario (kWh/día)	93,74																											

Tabla 6: Consumo diario en meses donde no se precisa de aire acondicionado

### Meses con aire acondicionado

Equipo	Potencia simultánea (W)	Tiempo de funcionamiento (h)	Horas del día																									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Ordenador	3800	9																										
Monitor LCD	950	9																										
Servidor	250	24																										
Impresora multifunción	2250	1,75																										
Proyector	500	1																										
Teléfono	11,4	2,25																										
Frigorífico	700	24																										
Cafetera	1400	1																										
Microondas	3000	1																										
Aire acondicionado oficinas	15000	2																										
Aire acondicionado sala de reuniones	4200	1																										
Focos LED	835,2	12																										
Calentador de agua	1500	3																										
Sistemas auxiliares	200	24																										
Energía simultánea a cada hora (kWh)			1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	7,44	7,30	22,30	8,80	8,80	3,49	3,49	23,94	7,30	7,30	12,00	1,99	1,15	1,15	1,15	1,15	
Potencia simultánea a cada hora (kW)			1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	8,15	9,00	24,00	10,50	10,50	4,99	4,99	24,65	9,00	9,00	13,70	1,99	1,15	1,15	1,15	1,15	
Potencia total (kW)	34,60																											
Potencia máxima simultánea (kW)	24,65																											
Consumo total diario (kWh/día)	127,94																											

Tabla 7: Consumo diario en meses donde se precisa de aire acondicionado

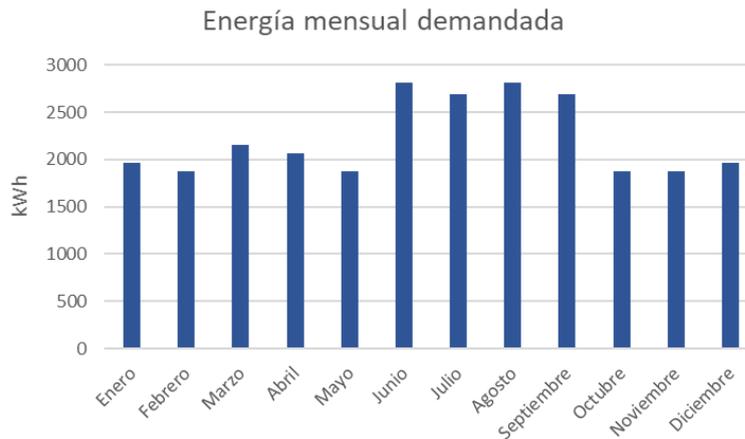
Finalmente, con los datos anteriores se calcula el consumo medio mensual:

Meses	Meses sin aire acondicionado											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Energía mensual necesaria (kWh)	1968,54	1874,8	2156,02	2062,28	1874,8	-	-	-	-	1874,8	1874,8	1968,54

Tabla 8: Energía mensual demandada en los meses donde no se requiere aire acondicionado

Meses	Meses con aire acondicionado											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Energía mensual necesaria (kWh)	-	-	-	-	-	2814,68	2686,74	2814,68	2686,74	-	-	-

Tabla 9: Energía mensual demandada en los meses donde se requiere aire acondicionado



*Imagen 23: Energía mensual consumida por la nave*

## 6.3. Cálculos solares

### 6.3.1. Cálculo de las pérdidas

#### Pérdidas por orientación e inclinación

El proyecto a realizar busca que la instalación solar fotovoltaica sea lo más eficiente posible. Por ello, los paneles se deben disponer con la inclinación óptima para tratar de aprovechar la mayor cantidad de radiación solar incidente.

La localización de la planta se realizará en la cubierta de una nave industrial ubicada en la Comunidad de Madrid y orientada al sur, por lo que el ángulo de azimut será de  $0^\circ$ . A partir de este dato y aplicando la normativa HE4, es posible determinar las pérdidas en las que incurrirá la instalación según la distinta inclinación de los paneles solares. Dicha normativa establece que la inclinación y orientación del sistema fotovoltaico generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla que se presentan a continuación:

Caso	Pérdidas		
	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 10: Pérdidas límite por inclinación, orientación, sombras y total

A partir de esta tabla y la figura de a continuación, es posible hallar los ángulos de inclinación permitidos para que las pérdidas de la instalación se sitúen dentro del rango de pérdidas límite establecidas por la normativa con una orientación al sur, así como el ángulo óptimo de inclinación de los paneles para que éstas sean iguales al 0%.

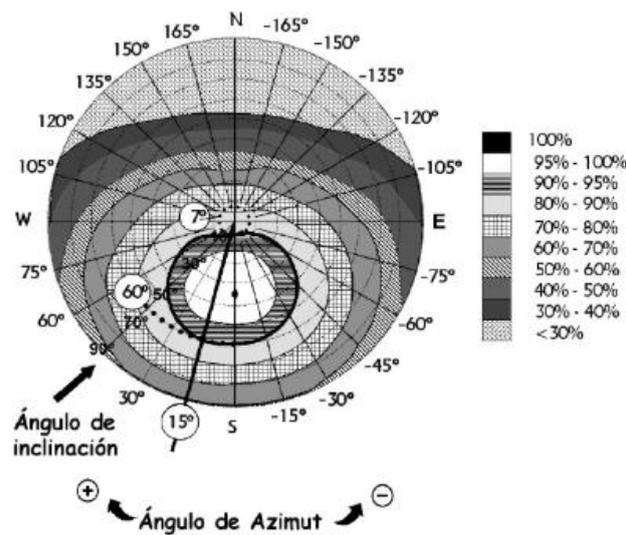


Imagen 24: Nivel de aprovechamiento solar según el ángulo de inclinación y de azimut

Así pues, haciendo uso de la tabla límite de pérdidas y de la figura anterior y sabiendo que la cubierta de la nave industrial se corresponde al caso general, se concluye que para un ángulo de azimut  $0^\circ$ , los ángulos de inclinación permitidos están comprendidos entre  $7^\circ$  y  $60^\circ$ , siendo el ángulo de  $33^\circ$ , el óptimo para la inclinación de los paneles solares y que garantiza el 100% del aprovechamiento solar. Por lo tanto, éste será el ángulo de inclinación escogido para el diseño y dimensionamiento de la planta generadora.

### **Pérdidas por sombra**

Dado a que el lugar donde se encuentra la nave industrial carece de elementos alrededor que le puedan generar algún tipo de sombra y puesto que la cubierta de la nave es plana (ángulo de azimut de 0°), estas pérdidas supondrán un valor del 0%. Sin embargo, es preciso realizar el cálculo de distancia entre los paneles solares para que las filas en las que se disponen los mismos no se hagan sombra entre ellas.

### **6.3.2. Niveles de radiación solar incidente**

Para estimar el potencial de la radiación solar incidente en los paneles solares de nuestra instalación en la zona de emplazamiento, se hace uso del sistema PVGIS, herramienta desarrollada por la Unión Europea para la estimación de la producción energética de una instalación solar fotovoltaica. Así pues, para el correcto diseño y dimensionamiento de la planta, se recurre a la base de datos de radiación solar de este sistema. Se han recopilado los datos de los tres últimos años de la base de datos con el fin de obtener una estimación mensual promedio de la radiación solar incidente en la zona de emplazamiento de la instalación.

Dado que la posición de los módulos fotovoltaicos es fija, resulta de especial interés hallar los datos de radiación media mensual tanto en superficie horizontal como con el ángulo de inclinación óptimo para la zona de localización de la nave. Esto es posible gracias a la herramienta PVGIS, la cual ya tiene en cuenta en sus resultados las pérdidas por inclinación y orientación.

### **Estimación de PVGIS de los datos mensuales de irradiación**

Datos de entrada:

- **Lugar:** Calle Boyer número 4
- **Latitud/Longitud:** 40,4/-3,59

- **Elevación:** 644 m
- **Base de datos empleada:** PVGIS-SARAH (conjunto de datos que cubren Europa)
- **Años:** 2014, 2015 y 2016
- **Ángulo óptimo de incidencia en la Comunidad de Madrid:** 33° (base de datos de la hoja de cálculo de autoconsumo)

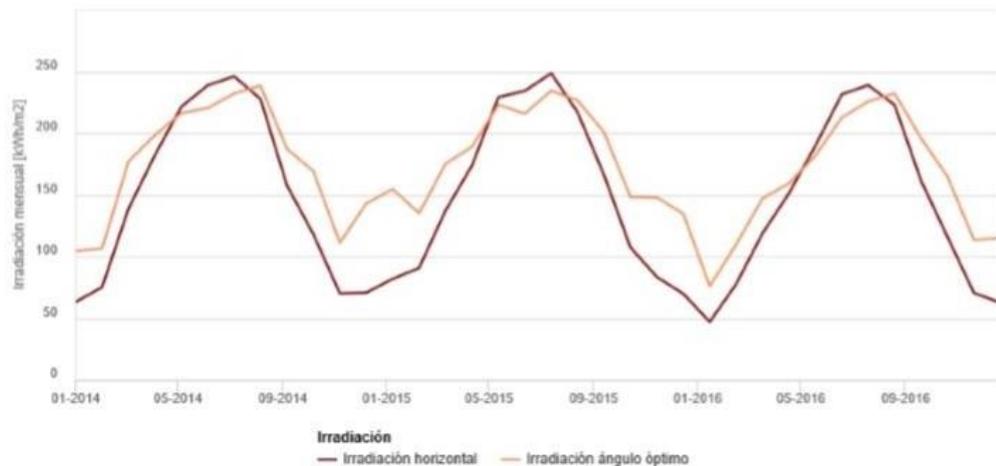


Imagen 25: Irradiación solar mensual horizontal y con ángulo óptimo en los años 2014, 2015 y 2016

Mes	Año 2014		Año 2015		Año 2016		Promedio mensual $I_{hm}$	Promedio mensual $I_{hd}$
	$I_{hm}$	$I_{hd}$	$I_{hm}$	$I_{hd}$	$I_{hm}$	$I_{hd}$		
Enero	63,21	2,04	81,89	2,64	47,04	1,52	64,05	2,07
Febrero	75,13	2,68	90,73	3,24	77,67	2,77	81,18	2,90
Marzo	138,66	4,47	137,21	4,43	118,83	3,83	131,57	4,24
Abril	182,13	6,07	173,64	5,79	151,20	5,04	168,99	5,63
Mayo	221,35	7,14	229,09	7,39	189,77	6,12	213,40	6,88
Junio	238,71	7,96	234,15	7,81	231,37	7,71	234,74	7,82
Julio	245,91	7,93	248,39	8,01	238,82	7,70	244,37	7,88
Agosto	227,58	7,34	216,82	6,99	222,70	7,18	222,37	7,17
Septiembre	157,60	5,25	166,02	5,53	161,43	5,38	161,68	5,39
Octubre	117,95	3,80	107,42	3,47	115,89	3,74	113,75	3,67
Noviembre	70,16	2,34	83,43	2,78	70,52	2,35	74,70	2,49
Diciembre	70,72	2,28	69,82	2,25	62,60	2,02	67,71	2,18
<b>Total anual</b>	<b>1809,11</b>	<b>59,32</b>	<b>1838,61</b>	<b>60,33</b>	<b>1687,84</b>	<b>55,38</b>	<b>1778,52</b>	<b>58,34</b>
<b>Promedio anual</b>	<b>150,76</b>	<b>4,94</b>	<b>153,22</b>	<b>5,03</b>	<b>140,65</b>	<b>4,61</b>	<b>148,21</b>	<b>4,86</b>

Tabla 11: Niveles de irradiación horizontal en los años 2014, 2015 y 2016

Mes	Año 2014		Año 2015		Año 2016		Promedio mensual $I_{optm}$	Promedio mensual $I_{optd}$
	$I_{optm}$	$I_{optd}$	$I_{optm}$	$I_{optd}$	$I_{optm}$	$I_{optd}$		
Enero	104,42	3,37	154,61	4,99	76,06	2,45	111,70	3,60
Febrero	106,41	3,80	135,07	4,82	109,76	3,92	117,08	4,18
Marzo	177,00	5,71	175,14	5,65	147,16	4,75	166,43	5,37
Abril	198,34	6,61	188,89	6,30	159,31	5,31	182,18	6,07
Mayo	216,15	6,97	222,95	7,19	181,92	5,87	207,01	6,68
Junio	220,33	7,34	215,72	7,19	212,59	7,09	216,21	7,21
Julio	232,05	7,49	234,30	7,56	225,62	7,28	230,66	7,44
Agosto	238,43	7,69	226,47	7,31	232,14	7,49	232,35	7,50
Septiembre	187,24	6,24	200,63	6,69	195,73	6,52	194,53	6,48
Octubre	169,02	5,45	148,34	4,79	164,86	5,32	160,74	5,19
Noviembre	111,04	3,70	147,87	4,93	113,47	3,78	124,13	4,14
Diciembre	142,98	4,61	134,65	4,34	114,97	3,71	130,87	4,22
<b>Total anual</b>	<b>2103,41</b>	<b>68,99</b>	<b>2184,64</b>	<b>71,75</b>	<b>1933,59</b>	<b>63,49</b>	<b>2073,88</b>	<b>68,08</b>
<b>Promedio anual</b>	<b>175,28</b>	<b>5,75</b>	<b>182,05</b>	<b>5,98</b>	<b>161,13</b>	<b>5,29</b>	<b>172,82</b>	<b>5,67</b>

Tabla 12: Niveles de irradiación con ángulo óptimo en los años 2014, 2015 y 2016

Siendo:

- $I_{hm}$  (Irradiación horizontal mensual): Suma de la radiación solar mensual incidente, por metro cuadrado, en un plano horizontal. Se mide en kWh/m<sup>2</sup>.
- $I_{hd}$  (Irradiación horizontal diaria): Suma de la radiación solar diaria incidente, por metro cuadrado, en un plano horizontal. Se mide en kWh/m<sup>2</sup>.
- $I_{optm}$  (Irradiación con ángulo óptimo mensual): Suma de la radiación solar mensual incidente, por metro cuadrado, en un plano con un ángulo de inclinación óptimo que maximiza la radiación solar recibida a lo largo del año. Se mide en kWh/m<sup>2</sup>.
- $I_{optd}$  (Irradiación con ángulo óptimo diaria): Suma de la radiación solar diaria incidente, por metro cuadrado, en un plano con un ángulo de inclinación óptimo que maximiza la radiación solar recibida a lo largo del año. Se mide en kWh/m<sup>2</sup>.

En base a los datos presentados recientemente, se estima que la radiación total promedio anual aprovechable sobre un plano horizontal es de 1778,52 kWh/m<sup>2</sup>.

Con el objetivo de aumentar la producción energética anual global y dado que los paneles tendrán una posición fija, la instalación de los mismos no se realizará de manera horizontal, sino que se colocarán con un cierto ángulo de inclinación, en este caso de 33° siendo este el óptimo para maximizar la radiación

recibida por los paneles solares en la zona de localización. Como se puede comprobar, al inclinar los módulos  $33^\circ$ , la irradiación global promedio anual asciende a  $2073,88 \text{ kWh/ m}^2$ .

## 7. Descripción de la planta fotovoltaica

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño y dimensionamiento de una instalación solar fotovoltaica para autoconsumo conectada a la red eléctrica. El modelo a instalar deberá aportar entre el 40 y el 60% del consumo horario diurno total anual, por lo que se instalará una potencia pico de 10 kW y se tratará de un sistema de autoconsumo instantáneo sin almacenamiento en baterías o acumuladores.

La superficie disponible a ocupar por la instalación será aproximadamente de  $347 \text{ m}^2$ . Los paneles solares estarán orientados hacia el sur, resultando en una desviación azimutal de  $0^\circ$  respecto al sur. En cuanto a la inclinación de los módulos con respecto a la horizontal, se busca maximizar la producción media anual, por lo que la inclinación óptima de los paneles para la latitud asociada al lugar de emplazamiento debe ser de  $33^\circ$ . Por último, cabe destacar que la instalación se encuentra situada a una altura de 644 m sobre el nivel del mar.

Las placas a utilizar serán de silicio monocristalino, ya que son las que mayor eficiencia tienen y puesto que nuestro factor limitativo en la instalación es la superficie de la cubierta, es necesario disponer de un panel que sea capaz de obtener la mayor cantidad de energía posible.

### 7.1. Selección de los componentes

En cuanto a los componentes a emplear en la instalación fotovoltaica, se presentan a continuación:

### 7.1.1. Sistema de paneles fotovoltaicos

Se caracteriza por la interconexión tanto en serie como en paralelo de módulos solares que generan corriente eléctrica continua proporcional a la intensidad de la radiación solar recibida.

El número total de paneles solares a instalar vendrá determinado por la siguiente relación:

$$N^{\circ} \text{ módulos} = \frac{P_{\text{máx DC}}}{P_{\text{panel}}}$$

Debido a que los paneles se situarán en la cubierta de la nave, el factor limitativo de nuestra instalación es dicha superficie, por lo que se seleccionarán módulos de silicio monocristalino para lograr un alto rendimiento y de 400 Wp de potencia máxima con el objetivo de conseguir que el número de módulos a instalar no resulte muy elevado resultando ser:

$$N^{\circ} \text{ módulos} = \frac{10.000 \text{ W}}{400 \text{ W}} = 25$$

Las características de los paneles fotovoltaicos seleccionados se presentan a continuación:

Características eléctricas	
Fabricante	ATERSA
Modelo	A-400 M GS
Potencia nominal (W)	400
$I_{CC}$ (A)	10,36
$I_{mpp}$ (A)	9,6
$V_{OC}$ (V)	49,8
$V_{mpp}$ (V)	41,7
TONC (°C)	45±2
Eficiencia (%)	20,17

*Tabla 13: Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos medidas en condiciones estándar de temperatura (Irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup> y temperatura de 25°C)*

Especificaciones mecánicas	
Altura (mm)	1979
Anchura (mm)	1002
Profundidad (mm)	40
Área de la superficie (m <sup>2</sup> )	1,98
Peso (kg)	22,50

Tabla 14: Especificaciones mecánicas de los módulos seleccionados

Características de temperatura	
Coef. Temp. de I <sub>CC</sub> (%/°C)	0,048
Coef. Temp. de V <sub>OC</sub> (%/°C)	-0,28
Coef. Temp. de P <sub>max</sub> (%/°C)	-0,37

Tabla 15: Características de temperatura de los módulos seleccionados

Materiales de construcción		
Cubierta frontal	Material	Cristal templado
	Espesor (mm)	3,2
Células	Cantidad	72 células (6x12)
	Tipo	Monocrystalina
	Dimensiones (mm)	158,75 x 158,75
Marco	Material	Aleación de aluminio
Caja de conexiones	Protección/nº diodos	IP67/3
Cable	Longitud (mm)	1200
	Sección (mm <sup>2</sup> )	4

Tabla 16: Materiales de construcción de los módulos seleccionados

### 7.1.2. Estructura soporte

Los módulos solares fotovoltaicos irán sujetos a la cubierta de la nave industrial por medio de una estructura soporte de aluminio. Dicha cubierta es plana y de chapado metálico. Con el fin de aprovechar la máxima cantidad de radiación solar incidente, la inclinación del soporte deberá ser de 33°, siendo éste el ángulo óptimo de inclinación de los paneles.

La fijación de los paneles a la estructura se realizará empleando tornillería

de acero inoxidable la cual será resistente a las condiciones meteorológicas que se puedan dar características de la intemperie. La unión de la estructura soporte a la cubierta se realizará mediante un elemento de unión adaptable a la chapa y se fijará a la misma también mediante tornillos de acero inoxidable.

La estructura se diseñará de modo que admita las dilataciones térmicas necesarias, sin transmitir cargas a los paneles solares que pudieran dañar su integridad.

Cabe destacar que esta estructura deberá ser resistente a los factores meteorológicos: viento, lluvia, nieve, etc. y corrosión durante el tiempo de vida útil esperado del sistema.

### **7.1.3. Inversor**

Este dispositivo será el encargado de transformar la corriente continua procedente de los módulos solares fotovoltaicos en corriente alterna de la misma frecuencia y tensión que la de la red.

El inversor seleccionado será el modelo Sunny Tripower 10.0 desarrollado por el fabricante SMA Solar Technology AG. Dicho inversor tendrá una potencia nominal de 10.000 W.

Las características técnicas más importantes se muestran a continuación:

Datos generales	
Fabricante	SMA Solar Technology AG
Modelo	STP 10000TL-10
Dimensiones	665 x 690 x 265 mm
Peso	65 kg
Rendimiento máximo	98%
Rendimiento europeo	97,5%
Entrada (CC)	
Potencia máxima	10400 Wp
Tensión de entrada máxima	1000 V
Rango de tensión del MPP	150-800 V
Corriente máxima de entrada,entradas: A/B	22 A/11 A
Nº de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP	2/A:4,B:1
Salida (CA)	
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	10000 W
Frecuencia/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V
Corriente máxima de salida	3x16 A
Fases de inyección	3
Fases de conexión	3

*Tabla 17: Datos técnicos del inversor seleccionado*

## 7.2. Cálculo de la distancia mínima entre los módulos

Dado que la cubierta de nuestra nave industrial es plana (azimut = 0°), no existen pérdidas por sombras causadas por la inclinación de la misma. Sin embargo, es preciso determinar la distancia mínima entre los distintos paneles solares para evitar que las filas de estos no se hagan sombras entre sí.

El IDAE (Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía) en su Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red establece una fórmula para el cálculo de la distancia mínima, la cual debe garantizar 4 horas de sol como mínimo al mediodía del solsticio de invierno. El cálculo de la distancia mínima se realiza usando la siguiente expresión para cubierta horizontal:

$$d_1 = L \cos(\beta)$$

$$d_2 = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \Phi)}$$

$$D = d_1 + d_2 = d_1 + \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \Phi)}$$

Siendo:

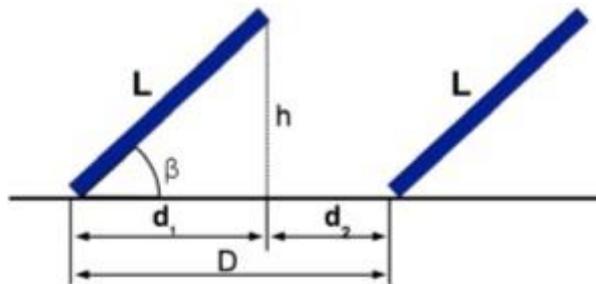
$h$  = altura de la placa solar respecto a la superficie horizontal

$D$  = distancia mínima entre paneles

$d_1$  = proyección del panel sobre superficie horizontal

$d_2$  = distancia desde la proyección del panel sobre superficie horizontal hasta el siguiente panel

$\Phi$  = latitud del lugar de localización de la instalación



*Imagen 26: Representación esquemática de la distancia mínima entre paneles solares*

En cuanto a la altura de la fila de paneles solares, este dato se calcula en base al ángulo de inclinación del panel y su longitud utilizando la siguiente expresión:

$$h = L \text{sen}(\beta)$$

Siendo:

$L$  = longitud de los paneles solares

$\beta$  = ángulo de inclinación de los paneles solares

Los datos que se precisan para hallar la distancia entre los módulos solares de nuestra instalación generadora se detallan a continuación:

Localidad	Madrid
Latitud (°)	40
Longitud módulo (m)	1,979
Inclinación módulo (°)	33

Tabla 18: Datos empleados para el cálculo de la distancia mínima

Haciendo uso de estos datos se obtienen los siguientes resultados:

$$h = 1,979 \operatorname{sen}(33) = 1,078 \text{ metros}$$

$$d_1 = 1,979 \operatorname{cos}(33) = 1,66 \text{ metros}$$

$$d_2 = \frac{1,078}{\operatorname{tg}(61^\circ - 40)} = 2,81 \text{ metros}$$

$$D = d_1 + d_2 = 1,66 + \frac{1,078}{\operatorname{tg}(61^\circ - 40)} = 4,47 \text{ metros}$$

Por lo tanto, se concluye que la distancia mínima con la que se deberán separar las filas de los paneles solares fotovoltaicos será de 4,47 metros.

### 7.3. Conexión de los módulos fotovoltaicos al inversor

Los módulos solares fotovoltaicos van conectados al inversor. Esta conexión se puede realizar de tres formas distintas: en paralelo, en serie o en una combinación de ambas.

- Si la conexión es en serie, el voltaje de cada uno de los módulos se suma mientras que la corriente eléctrica permanece constante e igual.
- Si la conexión es en paralelo, ocurre lo contrario al caso anterior: la intensidad de todos los módulos se suma mientras que la tensión permanece constante e igual.
- En el caso de que se opte por una conexión combinada, tanto la tensión como la corriente aumentan.

Al conjunto de los módulos solares fotovoltaicos conectados en serie al inversor formando una fila se les conoce con el nombre de string.

La distribución del campo fotovoltaico en lo que se refiere al número de paneles solares en serie y paralelo, deberá cumplir con las características exigidas por el inversor.

Para el cálculo del número de módulos en serie por string que se pueden emplear en la configuración de la instalación se deberán tener en cuenta dos consideraciones:

- La tensión máxima de salida de cada string no puede ser mayor que la tensión máxima del seguidor del punto de máxima potencia del inversor. Esa tensión máxima se corresponde con la tensión de circuito abierto de los paneles solares ( $V_{OC}$ ) a la mínima temperatura.
- La tensión mínima de salida de cada string no puede ser menor que la tensión mínima del seguidor del punto de máxima potencia del inversor. Esa tensión mínima se corresponde con la tensión en el punto de máxima potencia de los

paneles solares ( $V_{MPP}$ ) a la máxima temperatura.

El proceso de cálculo se hará suponiendo unos valores de temperatura de la célula conservadores, considerando  $-10^{\circ}\text{C}$  como temperatura mínima y  $70^{\circ}\text{C}$  como temperatura máxima. Las fórmulas a utilizar se presentan a continuación.

Para el cálculo del número máximo posible de módulos en serie a conectar por string se utiliza la siguiente fórmula:

$$N_{\text{máximo módulos serie}} = \frac{V_{MPP \text{ máxima inversor}}}{V_{OC \text{ (módulo a } -10^{\circ}\text{C)}}$$

Siendo:

$N_{\text{máximo módulos serie}}$ : cantidad máxima posible de módulos en serie que se pueden conectar en cada string.

$V_{MPP \text{ máxima inversor}}$ : tensión máxima del seguidor del punto de máxima potencia del inversor.

$V_{OC \text{ (módulo a } -10^{\circ}\text{C)}}$ : tensión de circuito abierto de los módulos solares a la temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$ .

El valor de  $V_{OC \text{ (módulo a } -10^{\circ}\text{C)}}$  se calcula de la siguiente manera:

$$V_{OC \text{ (módulo a } -10^{\circ}\text{C)}} = V_{OC,STC} + \Delta V(-35^{\circ}\text{C})$$

Siendo:

$V_{OC,STC}$ : tensión de vacío del módulo solar en condiciones estándar de medición (STC).

$\Delta V$ : constante de variación de la tensión del panel solar fotovoltaico en función de la temperatura. Se trata de un valor dado por el fabricante en la ficha técnica del módulo.

Para el cálculo del número máximo posible de módulos en serie a conectar por string se utiliza la siguiente fórmula:

$$N_{\text{mínimo módulos serie}} = \frac{V_{\text{MPP mínima inversor}}}{V_{\text{MPP (módulo a 70°C)}}$$

Siendo:

$N_{\text{mínimo módulos serie}}$ : cantidad mínima posible de módulos en serie que se pueden conectar en cada string.

$V_{\text{MPP mínima inversor}}$ : tensión mínima del seguidor del punto de máxima potencia del inversor.

$V_{\text{MPP (módulo a 70°C)}}$ : tensión en el punto de máxima potencia de los módulos solares a la temperatura de 70°C.

El valor de  $V_{\text{MPP (módulo a 70°C)}}$  se calcula de la siguiente manera:

$$V_{\text{MPP (módulo a 70°C)}} = V_{\text{MPP,STC}} + \Delta V(+45^\circ\text{C})$$

Siendo:

$V_{\text{MPP,STC}}$ : tensión de vacío del módulo solar en condiciones estándar de medición (STC).

$\Delta V$ : constante de variación de la tensión del panel solar fotovoltaico en función de la temperatura. Se trata de un valor dado por el fabricante en la ficha técnica del módulo.

Los datos que se precisan para hallar el número mínimo y máximo posible de módulos solares fotovoltaicos conectados en serie por string se detallan a continuación:

Panel solar A-400 M GS	
Potencia nominal (W)	400
$V_{OC}$ (V)	49,8
$V_{mpp}$ (V)	41,7
Coef. Temp. de $V_{OC}$ (%/°C)	-0,28

Inversor STP 10000TL-10	
Tensión mínima de entrada MPP	150 V
Tensión máxima de entrada MPP	800 V
Potencia máxima de entrada	10400 Wp

Tabla 19: Datos empleados para determinar el número máximo y mínimo de paneles en serie por string

Haciendo uso de estos datos se obtienen los resultados siguientes:

$$V_{OC} (\text{módulo a } -10^{\circ}\text{C}) = 49,8 + \left( -\frac{0,28}{100} \times 49,8 \right) (-10 - 25) = 54,68 \text{ V}$$

$$V_{MPP} (\text{módulo a } 70^{\circ}\text{C}) = 41,7 + \left( -\frac{0,28}{100} \times 41,7 \right) (70 - 25) = 36,446 \text{ V}$$

A partir de estos datos se obtiene el número máximo y mínimo de paneles en serie por string que se pueden emplear.

Por un lado, la tensión máxima de los paneles no puede ser superior a 800 V, por lo que la cantidad de paneles solares conectados en serie deberá ser inferior a:

$$\frac{800 \text{ V}}{54,68 \text{ V}} = 14,63 \text{ módulos}$$

Por otro lado, la tensión mínima de los paneles no puede ser inferior a 320 V, por lo que la cantidad de paneles solares conectados en serie deberá ser superior a:

$$\frac{150 \text{ V}}{36,446 \text{ V}} = 4,12 \text{ módulos}$$

Así pues, tras los resultados obtenidos se determina que el número mínimo de paneles solares a conectar en serie por string se sitúa en 5 mientras que el número máximo en 14. Se deberá elegir un valor comprendido entre este rango de valores.

En cuanto a la cantidad máxima permitida por el inversor de módulos conectados en paralelo, el requisito fundamental es que la corriente de cortocircuito máxima del campo solar fotovoltaico debe ser inferior a la corriente máxima de entrada admitida por el inversor. Dado que este último dispone de dos entradas independientes de MPP (A y B), habrá que hallar la cantidad máxima permitido de módulos en paralelo para cada una de las entradas. Para ello, tendrá que cumplirse la siguiente ecuación:

$$N_{\text{máximo módulos paralelo}} \leq \frac{I_{\text{máxima de entrada inversor}}}{I_{CC} \text{ (módulo a } 70^{\circ}\text{C)}}$$

Siendo:

$N_{\text{máximo módulos paralelo}}$ : cantidad máxima posible de módulos en paralelo que se pueden conectar en cada entrada de MPP independiente del inversor.

$I_{\text{máxima de entrada inversor}}$ : intensidad máxima que es capaz de soportar cada entrada de MPP independiente del inversor.

$I_{CC} \text{ (módulo a } 70^{\circ}\text{C)}$ : intensidad máxima que el módulo es capaz de entregar. Esta intensidad se corresponde a la corriente de cortocircuito a la temperatura de  $70^{\circ}\text{C}$ .

El valor de  $I_{CC} \text{ (módulo a } 70^{\circ}\text{C)}$  se calcula de la siguiente manera:

$$I_{CC} \text{ (módulo a } 70^{\circ}\text{C)} = I_{CC,STC} + \Delta I(+45^{\circ}\text{C)}$$

Siendo:

$I_{CC,STC}$ : corriente de cortocircuito del módulo solar en condiciones estándar de medición (STC).

$\Delta I$ : constante de variación de la corriente del panel solar fotovoltaico en función de la temperatura. Se trata de un valor dado por el fabricante en la ficha técnica del módulo.

Los datos que se precisan para hallar el número máximo posible de módulos solares fotovoltaicos conectados en paralelo por cada entrada de MPP independiente se detallan a continuación:

Panel solar A-400 M GS	
Potencia nominal (W)	400
$I_{CC}$ (A)	10,36
$I_{mpp}$ (A)	9,6
Coef. Temp. de $I_{CC}$ (%/°C)	0,048

Inversor STP 10000TL-10	
Potencia máxima de entrada	10400 Wp
Corriente máxima de entrada,entradas: A/B	22 A/11 A
Nº de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP	2/A:4,B:1

**Tabla 20: Datos empleados para determinar el número máximo de paneles en paralelo por cada entrada de MPP independiente**

Haciendo uso de estos datos se obtienen los resultados siguientes:

$$I_{CC} (\text{módulo a } 70^{\circ}\text{C}) = 10,36 + \left( -\frac{0,048}{100} \times 10,36 \right) (70 - 25) = 10,584 \text{ A}$$

A partir de este dato se obtiene el número máximo de paneles en paralelo que se pueden emplear por cada entrada de MPP independiente del inversor.

Por un lado, la corriente máxima admitida por la entrada A del inversor es de 22 A, por lo que la cantidad de paneles solares conectados en paralelo en la entrada A deberá ser inferior a:

$$\frac{22 \text{ A}}{10,584 \text{ A}} = 2,079 \text{ módulos}$$

Por otro lado, la corriente máxima admitida por la entrada B del inversor es de 11 A, por lo que la cantidad de paneles solares conectados en paralelo en la entrada B deberá ser inferior a:

$$\frac{11 \text{ A}}{10,584 \text{ A}} = 1,039 \text{ módulos}$$

Así pues, tras los resultados obtenidos, se determina que el número máximo de paneles solares a conectar en paralelo es de 2 en caso de la entrada A de MPP independiente y de 1 en caso de la entrada B de MPP independiente.

Por último, es preciso comprobar que la suma de la potencia del conjunto de los paneles conectados es inferior a la potencia de entrada admitida en el inversor. Puesto que se conectarán 25 paneles solares al inversor de 400 W de potencia nominal cada uno, la potencia total de los paneles solares conectados al inversor será de 10.000 W. Dado que el inversor seleccionado admite una potencia máxima de entrada de 10.400 Wp, sí es posible la conexión de los 25 paneles solares a un solo inversor.

En base a los resultados obtenidos, se concluye el número máximo y mínimo de paneles solares necesarios en serie y paralelo para el óptimo funcionamiento de la instalación:

Conexión en serie	
$N_{\text{máximo módulos}}$	14
$N_{\text{mínimo módulos}}$	5
Conexión en paralelo	
$N_{\text{máximo módulos entrada A}}$	2
$N_{\text{máximo módulos entrada B}}$	1

Tabla 21: Número máximo y mínimo de paneles solares a conectar en serie y paralelo

Con todo lo anterior, la decisión final es que el inversor tenga dos strings de 8 placas cada uno en la entrada de MPP independiente A y un string de 9 placas en la entrada de MPP independiente B. Dicha conclusión, se presenta de forma resumida en la tabla de a continuación:

	Conexión de los paneles al inversor			
	Número de strings	Número de paneles por string	Potencia paneles (W)	Potencia entrada inversor (W)
Entrada A	2	8	400	6400
Entrada B	1	9	400	3600

Tabla 22: Conexión de los paneles solares al inversor

## 7.4. Energía producida por la instalación

Utilizando de nuevo PVGIS y a partir de los datos de radiación solar horaria mensual, se puede obtener el total de la energía generada por la instalación solar fotovoltaica horaria, mensual y anual.

Dicha aplicación, como mencionado anteriormente, ya tiene en cuenta las pérdidas por inclinación y orientación, pero no por sombras. Puesto que los paneles solares irán colocados en una cubierta horizontal no habrá pérdidas por sombra. Asimismo, PVGIS permite añadir el ángulo de inclinación óptimo para maximizar la cantidad de energía generada, que, en nuestro caso en concreto, será de 33°.

Es preciso tener en cuenta que los datos de radiación solar horaria proporcionados por esta herramienta están en horas solares. Por ello, es necesario cambiar dicha hora por la local del lugar de emplazamiento. En el caso concreto de España, se corresponderá a más dos horas en horario de verano y más una hora en horario de invierno.

A continuación, se muestran las tablas de generación horaria para cada mes, así como la producción total. Para los cálculos, se asumirá un coeficiente de rendimiento de la instalación o performance ratio (PR) del 80%.

Mes	Hora	Irradiancia (kW/m <sup>2</sup> )	P <sub>p</sub> (kW)	PR	Energía generada (kWh)
Enero	8	0,057	10	0,8	0,455
	9	0,178	10	0,8	1,425
	10	0,284	10	0,8	2,274
	11	0,348	10	0,8	2,786
	12	0,405	10	0,8	3,242
	13	0,400	10	0,8	3,198
	14	0,333	10	0,8	2,665
	15	0,264	10	0,8	2,113
	16	0,148	10	0,8	1,186

Tabla 23: Energía generada en el mes de enero

Mes	Hora	Irradiancia (kW/m <sup>2</sup> )	P <sub>p</sub> (kW)	PR	Energía generada (kWh)
Febrero	8	0,137	10	0,8	1,097
	9	0,291	10	0,8	2,332
	10	0,372	10	0,8	2,979
	11	0,541	10	0,8	4,328
	12	0,530	10	0,8	4,243
	13	0,585	10	0,8	4,680
	14	0,508	10	0,8	4,067
	15	0,373	10	0,8	2,986
	16	0,276	10	0,8	2,207
	17	0,081	10	0,8	0,6

Tabla 24: Energía generada en el mes de febrero

Mes	Hora	Irradiancia (kW/m <sup>2</sup> )	P <sub>p</sub> (kW)	PR	Energía generada (kWh)
Marzo	7	0,076	10	0,8	0,608
	8	0,288	10	0,8	2,306
	9	0,450	10	0,8	3,597
	10	0,559	10	0,8	4,475
	11	0,596	10	0,8	4,770
	12	0,586	10	0,8	4,690
	13	0,598	10	0,8	4,784
	14	0,540	10	0,8	4,321
	15	0,495	10	0,8	3,958
	16	0,348	10	0,8	2,783
	17	0,183	10	0,8	1,462
	18	0,010	10	0,8	0,081

**Tabla 25: Energía generada en el mes de marzo**

Mes	Hora	Irradiancia (kW/m <sup>2</sup> )	P <sub>p</sub> (kW)	PR	Energía generada (kWh)
Abril	6	0,026	10	0,8	0,208
	7	0,180	10	0,8	1,438
	8	0,361	10	0,8	2,888
	9	0,503	10	0,8	4,027
	10	0,545	10	0,8	4,363
	11	0,689	10	0,8	5,513
	12	0,717	10	0,8	5,736
	13	0,669	10	0,8	5,353
	14	0,610	10	0,8	4,878
	15	0,468	10	0,8	3,745
	16	0,323	10	0,8	2,588
	17	0,193	10	0,8	1,546
	18	0,045	10	0,8	0,358

**Tabla 26: Energía generada en el mes de abril**

Mes	Hora	Irradiancia (kW/m <sup>2</sup> )	P <sub>p</sub> (kW)	PR	Energía generada (kWh)
Mayo	5	0,004	10	0,8	0,030
	6	0,065	10	0,8	0,520
	7	0,220	10	0,8	1,760
	8	0,416	10	0,8	3,328
	9	0,524	10	0,8	4,194
	10	0,619	10	0,8	4,954
	11	0,708	10	0,8	5,663
	12	0,756	10	0,8	6,049
	13	0,735	10	0,8	5,881
	14	0,638	10	0,8	5,107
	15	0,518	10	0,8	4,146
	16	0,409	10	0,8	3,269
	17	0,230	10	0,8	1,839
	18	0,073	10	0,8	0,581
19	0,007	10	0,8	0,058	

**Tabla 27: Energía generada en el mes de mayo**

Mes	Hora	Irradiancia (kW/m <sup>2</sup> )	P <sub>p</sub> (kW)	PR	Energía generada (kWh)
Junio	5	0,016	10	0,8	0,127
	6	0,071	10	0,8	0,565
	7	0,242	10	0,8	1,935
	8	0,437	10	0,8	3,499
	9	0,636	10	0,8	5,089
	10	0,774	10	0,8	6,194
	11	0,872	10	0,8	6,977
	12	0,921	10	0,8	7,371
	13	0,848	10	0,8	6,785
	14	0,800	10	0,8	6,400
	15	0,661	10	0,8	5,291
	16	0,477	10	0,8	3,813
	17	0,289	10	0,8	2,308
	18	0,101	10	0,8	0,810
19	0,027	10	0,8	0,218	

Tabla 28: Energía generada en el mes de junio

Mes	Hora	Irradiancia (kW/m <sup>2</sup> )	P <sub>p</sub> (kW)	PR	Energía generada (kWh)
Julio	5	0,002	10	0,8	0,016
	6	0,047	10	0,8	0,375
	7	0,221	10	0,8	1,768
	8	0,419	10	0,8	3,353
	9	0,648	10	0,8	5,186
	10	0,802	10	0,8	6,412
	11	0,936	10	0,8	7,489
	12	0,932	10	0,8	7,457
	13	0,939	10	0,8	7,511
	14	0,812	10	0,8	6,494
	15	0,680	10	0,8	5,436
	16	0,498	10	0,8	3,987
	17	0,285	10	0,8	2,281
	18	0,103	10	0,8	0,825
19	0,026	10	0,8	0,211	

Tabla 29: Energía generada en el mes de julio

Mes	Hora	Irradiancia (kW/m <sup>2</sup> )	P <sub>p</sub> (kW)	PR	Energía generada (kWh)
Agosto	6	0,033	10	0,8	0,265
	7	0,215	10	0,8	1,720
	8	0,437	10	0,8	3,495
	9	0,671	10	0,8	5,364
	10	0,841	10	0,8	6,730
	11	0,964	10	0,8	7,710
	12	0,992	10	0,8	7,936
	13	0,953	10	0,8	7,625
	14	0,866	10	0,8	6,930
	15	0,687	10	0,8	5,497
	16	0,505	10	0,8	4,043
	17	0,286	10	0,8	2,291
	18	0,075	10	0,8	0,598
	19	0,002	10	0,8	0,020

Tabla 30: Energía generada en el mes de agosto

Mes	Hora	Irradiancia (kW/m <sup>2</sup> )	P <sub>p</sub> (kW)	PR	Energía generada (kWh)
Septiembre	6	0,006	10	0,8	0,045
	7	0,147	10	0,8	1,179
	8	0,419	10	0,8	3,352
	9	0,625	10	0,8	5,004
	10	0,796	10	0,8	6,366
	11	0,867	10	0,8	6,935
	12	0,895	10	0,8	7,164
	13	0,864	10	0,8	6,911
	14	0,738	10	0,8	5,904
	15	0,584	10	0,8	4,676
	16	0,376	10	0,8	3,009
	17	0,180	10	0,8	1,441
	18	0,011	10	0,8	0,092

Tabla 31: Energía generada en el mes de septiembre

Mes	Hora	Irradiancia (kW/m <sup>2</sup> )	P <sub>p</sub> (kW)	PR	Energía generada (kWh)
Octubre	7	0,104	10	0,8	0,832
	8	0,288	10	0,8	2,305
	9	0,501	10	0,8	4,005
	10	0,658	10	0,8	5,268
	11	0,731	10	0,8	5,852
	12	0,825	10	0,8	6,599
	13	0,731	10	0,8	5,847
	14	0,634	10	0,8	5,068
	15	0,461	10	0,8	3,688
	16	0,289	10	0,8	2,311
	17	0,047	10	0,8	0,376

Tabla 32: Energía generada en el mes de octubre

Mes	Hora	Irradiancia (kW/m <sup>2</sup> )	P <sub>p</sub> (kW)	PR	Energía generada (kWh)
Noviembre	7	0,002	10	0,8	0,012
	8	0,179	10	0,8	1,432
	9	0,371	10	0,8	2,968
	10	0,514	10	0,8	4,114
	11	0,593	10	0,8	4,748
	12	0,618	10	0,8	4,942
	13	0,581	10	0,8	4,652
	14	0,426	10	0,8	3,407
	15	0,293	10	0,8	2,345
	16	0,152	10	0,8	1,213

Tabla 33: Energía generada en el mes de noviembre

Mes	Hora	Irradiancia (kW/m <sup>2</sup> )	P <sub>p</sub> (kW)	PR	Energía generada (kWh)
Diciembre	8	0,079	10	0,8	0,633
	9	0,282	10	0,8	2,254
	10	0,466	10	0,8	3,727
	11	0,591	10	0,8	4,724
	12	0,595	10	0,8	4,761
	13	0,603	10	0,8	4,826
	14	0,466	10	0,8	3,725
	15	0,384	10	0,8	3,074
	16	0,176	10	0,8	1,404

Tabla 34: Energía generada en el mes de diciembre

Estos son los valores de energía que produce la instalación fotovoltaica de 10 kW en cada hora desde que se disponen de datos de radiación solar hasta que se terminan. Para obtener la totalidad de la energía generada mensualmente, habrá

que multiplicar este último valor por el número de días que tiene cada mes. De esta forma, obtenemos la energía mensual generada por la planta fotovoltaica:

Energía mensual generada (kWh)					
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
599,649	827,935	1172,852	1279,207	1468,748	1721,489
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1822,879	1866,891	1562,334	1306,644	895,017	902,985

Tabla 35: Energía mensual generada por la planta fotovoltaica

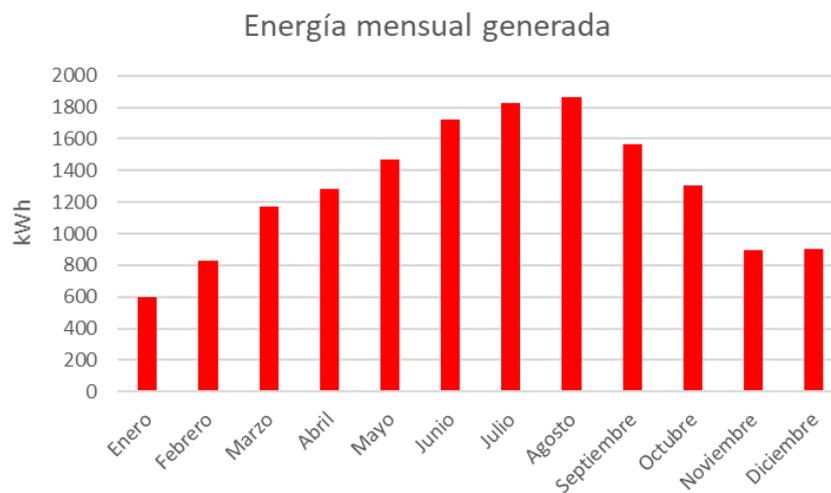


Imagen 27: Gráfico de la energía mensual generada por la planta fotovoltaica

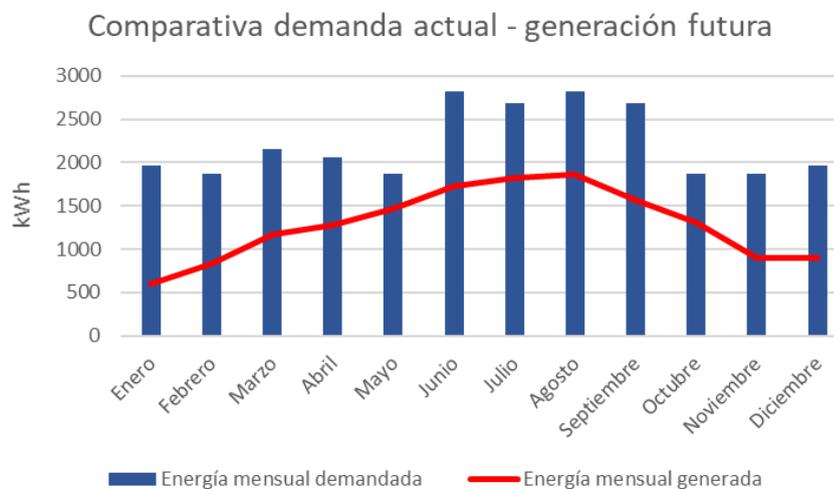


Imagen 28: Gráfico de la comparativa demanda actual – generación futura

## CAPÍTULO V: Estudio económico

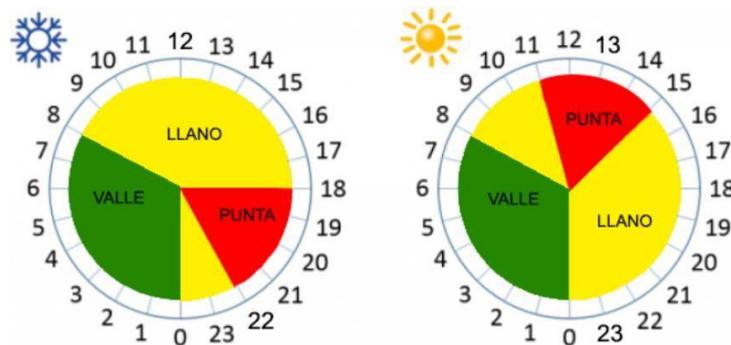
### 8. Cálculo de costes

#### 8.1. Costes de la energía generada

Es preciso llevar a cabo un estudio económico para saber si nuestra instalación resultará viable y rentable: se determinará el número de años en los que se recuperará la inversión inicial y el ahorro que supondrá para la industria a la que va destinada el presente proyecto la instalación de paneles solares fotovoltaicos.

En primer lugar, se deberá obtener el coste que supone producir energía en cada una de las horas de generación.

Dado que nuestra industria posee una tarifa eléctrica 3.0 A en Baja Tensión, se distinguen tres períodos horarios de facturación en términos de potencia y energía lo que permite que la industria pueda seleccionar la potencia a contratar en cada periodo según sus necesidades y demanda energética. La franja horaria de dichos periodos, en energía y potencia, es la que sigue:



*Imagen 29: Distribución horaria de los períodos aplicables a la Península Ibérica*

El precio de la energía y potencia para esta tarifa es el que siguiente:

	P1 Punta	P2 Llano	P3 Valle
Energía	0,0988 €/kWh	0,0843 €/kWh	0,0654 €/kWh
Potencia	0,1116 €/kW día	0,0669 €/kW día	0,0446 €/kW día

*Tabla 36: Precio de facturación por períodos*

A partir de estos datos, se obtiene el coste que tendría la energía y potencia generada en el caso de que la red la estuviera suministrado a la industria a la que va destinada el presente proyecto. Este coste, por lo tanto, se corresponderá con un ahorro económico pues es energía que se está generando en la instalación fotovoltaica y que no se está solicitando e importando de la red eléctrica.

Mes	Hora	Energía generada (kWh)	Energía generada (kWh) mes	Precio período energía (€/kWh)	Coste de la energía producida en el período de tarifa (€)	Precio período potencia (€/kW)	Coste de la potencia en el período de tarifa (€)
Enero	8	0,455	14,105	0,0843	1,189	0,0669	0,944
	9	1,425	44,175	0,0843	3,724	0,0669	2,955
	10	2,274	70,494	0,0843	5,943	0,0669	4,716
	11	2,786	86,366	0,0843	7,281	0,0669	5,778
	12	3,242	100,502	0,0843	8,472	0,0669	6,724
	13	3,198	99,138	0,0843	8,357	0,0669	6,632
	14	2,665	82,615	0,0843	6,964	0,0669	5,527
	15	2,113	65,503	0,0843	5,522	0,0669	4,382
16	1,186	36,766	0,0843	3,099	0,0669	2,460	

*Tabla 37: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de enero*

Mes	Hora	Energía generada (kWh)	Energía generada (kWh) mes	Precio período energía (€/kWh)	Coste de la energía producida en el período de tarifa (€)	Precio período potencia (€/kW)	Coste de la potencia en el período de tarifa (€)
Febrero	8	1,097	30,716	0,0843	2,589	0,0669	2,055
	9	2,332	65,296	0,0843	5,504	0,0669	4,368
	10	2,979	83,412	0,0843	7,032	0,0669	5,580
	11	4,328	121,184	0,0843	10,216	0,0669	8,107
	12	4,243	118,804	0,0843	10,015	0,0669	7,948
	13	4,680	131,040	0,0843	11,047	0,0669	8,767
	14	4,067	113,876	0,0843	9,600	0,0669	7,618
	15	2,986	83,608	0,0843	7,048	0,0669	5,593
	16	2,207	61,796	0,0843	5,209	0,0669	4,134
17	0,600	16,800	0,0843	1,416	0,0669	1,124	

*Tabla 38: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de febrero*

Puesto que en el mes de marzo hay un cambio horario, este hecho se deberá tener en cuenta a la hora de realizar los cálculos:

Mes	Hora invierno	Hora verano	Energía generada (kWh)	Energía generada (kWh) mes invierno	Energía generada (kWh) mes verano	Precio período energía invierno (€/kWh)	Precio período energía verano (€/kWh)	Coste de la energía producida en el período de tarifa (€)
Marzo	7	8	0,608	15,808	3,040	0,06540	0,0843	1,290
	8	9	2,306	59,956	11,530	0,0843	0,0843	6,026
	9	10	3,597	93,522	17,985	0,0843	0,0843	9,400
	10	11	4,475	116,350	22,375	0,0843	0,0988	12,019
	11	12	4,770	124,020	23,850	0,0843	0,0988	12,811
	12	13	4,690	121,940	23,450	0,0843	0,0988	12,596
	13	14	4,784	124,384	23,920	0,0843	0,0988	12,849
	14	15	4,321	112,346	21,605	0,0843	0,0843	11,292
	15	16	3,958	102,908	19,790	0,0843	0,0843	10,343
	16	17	2,783	72,358	13,915	0,0843	0,0843	7,273
	17	18	1,462	38,012	7,310	0,0843	0,0843	3,821
	18	19	0,081	2,106	0,405	0,0843	0,0843	0,212

Tabla 39: Coste que tendría la energía generada en el mes de marzo

Mes	Hora invierno	Hora verano	Precio período potencia invierno (€/kW)	Precio período potencia verano (€/kW)	Coste de la potencia en el período de tarifa (€)
Marzo	7	8	0,04460	0,0669	0,908
	8	9	0,0669	0,0669	4,782
	9	10	0,0669	0,0669	7,460
	10	11	0,0669	0,1116	10,281
	11	12	0,0669	0,1116	10,959
	12	13	0,0669	0,1116	10,775
	13	14	0,0669	0,1116	10,991
	14	15	0,0669	0,0669	8,961
	15	16	0,0669	0,0669	8,208
	16	17	0,0669	0,0669	5,772
	17	18	0,0669	0,0669	3,032
	18	19	0,0669	0,0669	0,168

Tabla 40: Coste que tendría la potencia generada en el mes de marzo

Mes	Hora	Energía generada (kWh)	Energía generada (kWh) mes	Precio período energía (€/kWh)	Coste de la energía producida en el período de tarifa (€)	Precio período potencia (€/kW)	Coste de la potencia en el período de tarifa (€)
Abril	6	0,208	6,240	0,0654	0,408	0,0446	0,278
	7	1,438	43,140	0,0654	2,821	0,0446	1,924
	8	2,888	86,640	0,0843	7,304	0,0669	5,796
	9	4,027	120,810	0,0843	10,184	0,0669	8,082
	10	4,363	130,890	0,0843	11,034	0,0669	8,757
	11	5,513	165,390	0,0988	16,341	0,1116	18,458
	12	5,736	172,080	0,0988	17,002	0,1116	19,204
	13	5,353	160,590	0,0988	15,866	0,1116	17,922
	14	4,878	146,340	0,0988	14,458	0,1116	16,332
	15	3,745	112,350	0,0843	9,471	0,0669	7,516
	16	2,588	77,640	0,0843	6,545	0,0669	5,194
	17	1,546	46,380	0,0843	3,910	0,0669	3,103
	18	0,358	10,740	0,0843	0,905	0,0669	0,719

Tabla 41: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de abril

Mes	Hora	Energía generada (kWh)	Energía generada (kWh) mes	Precio período energía (€/kWh)	Coste de la energía producida en el período de tarifa (€)	Precio período potencia (€/kW)	Coste de la potencia en el período de tarifa (€)
Mayo	5	0,030	0,930	0,0654	0,061	0,0446	0,041
	6	0,520	16,120	0,0654	1,054	0,0446	0,719
	7	1,760	54,560	0,0654	3,568	0,0446	2,433
	8	3,328	103,168	0,0843	8,697	0,0669	6,902
	9	4,194	130,014	0,0843	10,960	0,0669	8,698
	10	4,954	153,574	0,0843	12,946	0,0669	10,274
	11	5,663	175,553	0,0988	17,345	0,1116	19,592
	12	6,049	187,519	0,0988	18,527	0,1116	20,927
	13	5,881	182,311	0,0988	18,012	0,1116	20,346
	14	5,107	158,317	0,0988	15,642	0,1116	17,668
	15	4,146	128,526	0,0843	10,835	0,0669	8,598
	16	3,269	101,339	0,0843	8,543	0,0669	6,780
	17	1,839	57,009	0,0843	4,806	0,0669	3,814
18	0,581	18,011	0,0843	1,518	0,0669	1,205	
19	0,058	1,798	0,0843	0,152	0,0669	0,120	

Tabla 42: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de mayo

Mes	Hora	Energía generada (kWh)	Energía generada (kWh) mes	Precio período energía (€/kWh)	Coste de la energía producida en el período de tarifa (€)	Precio período potencia (€/kW)	Coste de la potencia en el período de tarifa (€)
Junio	5	0,127	3,810	0,0654	0,249	0,0446	0,170
	6	0,565	16,950	0,0654	1,109	0,0446	0,756
	7	1,935	58,050	0,0654	3,796	0,0446	2,589
	8	3,499	104,970	0,0843	8,849	0,0669	7,022
	9	5,089	152,670	0,0843	12,870	0,0669	10,214
	10	6,194	185,820	0,0843	15,665	0,0669	12,431
	11	6,977	209,310	0,0988	20,680	0,1116	23,359
	12	7,371	221,130	0,0988	21,848	0,1116	24,678
	13	6,785	203,550	0,0988	20,111	0,1116	22,716
	14	6,400	192,000	0,0988	18,970	0,1116	21,427
	15	5,291	158,730	0,0843	13,381	0,0669	10,619
	16	3,813	114,390	0,0843	9,643	0,0669	7,653
	17	2,308	69,240	0,0843	5,837	0,0669	4,632
18	0,810	24,300	0,0843	2,048	0,0669	1,626	
19	0,218	6,540	0,0843	0,551	0,0669	0,438	

Tabla 43: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de junio

Mes	Hora	Energía generada (kWh)	Energía generada (kWh) mes	Precio período energía (€/kWh)	Coste de la energía producida en el período de tarifa (€)	Precio período potencia (€/kW)	Coste de la potencia en el período de tarifa (€)
Julio	5	0,016	0,496	0,0654	0,032	0,0446	0,022
	6	0,375	11,625	0,0654	0,760	0,0446	0,518
	7	1,768	54,808	0,0654	3,584	0,0446	2,444
	8	3,353	103,943	0,0843	8,762	0,0669	6,954
	9	5,186	160,766	0,0843	13,553	0,0669	10,755
	10	6,412	198,772	0,0843	16,756	0,0669	13,298
	11	7,489	232,159	0,0988	22,937	0,1116	25,909
	12	7,457	231,167	0,0988	22,839	0,1116	25,798
	13	7,511	232,841	0,0988	23,005	0,1116	25,985
	14	6,494	201,314	0,0988	19,890	0,1116	22,467
	15	5,436	168,516	0,0843	14,206	0,0669	11,274
	16	3,987	123,597	0,0843	10,419	0,0669	8,269
	17	2,281	70,711	0,0843	5,961	0,0669	4,731
18	0,825	25,575	0,0843	2,156	0,0669	1,711	
19	0,211	6,541	0,0843	0,551	0,0669	0,438	

Tabla 44: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de julio

Mes	Hora	Energía generada (kWh)	Energía generada (kWh) mes	Precio período energía (€/kWh)	Coste de la energía producida en el período de tarifa (€)	Precio período potencia (€/kW)	Coste de la potencia en el período de tarifa (€)
Agosto	6	0,265	8,215	0,0654	0,537	0,0446	0,366
	7	1,720	53,320	0,0654	3,487	0,0446	2,378
	8	3,495	108,345	0,0843	9,133	0,0669	7,248
	9	5,364	166,284	0,0843	14,018	0,0669	11,124
	10	6,730	208,630	0,0843	17,588	0,0669	13,957
	11	7,710	239,010	0,0988	23,614	0,1116	26,674
	12	7,936	246,016	0,0988	24,306	0,1116	27,455
	13	7,625	236,375	0,0988	23,354	0,1116	26,379
	14	6,930	214,830	0,0988	21,225	0,1116	23,975
	15	5,497	170,407	0,0843	14,365	0,0669	11,400
	16	4,043	125,333	0,0843	10,566	0,0669	8,385
	17	2,291	71,021	0,0843	5,987	0,0669	4,751
18	0,598	18,538	0,0843	1,563	0,0669	1,240	
19	0,020	0,620	0,0843	0,052	0,0669	0,041	

Tabla 45: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de agosto

Mes	Hora	Energía generada (kWh)	Energía generada (kWh) mes	Precio período energía (€/kWh)	Coste de la energía producida en el período de tarifa (€)	Precio período potencia (€/kW)	Coste de la potencia en el período de tarifa (€)
Septiembre	6	0,045	1,350	0,0654	0,088	0,0446	0,060
	7	1,179	35,370	0,0654	2,313	0,0446	1,578
	8	3,352	100,560	0,0843	8,477	0,0669	6,727
	9	5,004	150,120	0,0843	12,655	0,0669	10,043
	10	6,366	190,980	0,0843	16,100	0,0669	12,777
	11	6,935	208,050	0,0988	20,555	0,1116	23,218
	12	7,164	214,920	0,0988	21,234	0,1116	23,985
	13	6,911	207,330	0,0988	20,484	0,1116	23,138
	14	5,904	177,120	0,0988	17,499	0,1116	19,767
	15	4,676	140,280	0,0843	11,826	0,0669	9,385
	16	3,009	90,270	0,0843	7,610	0,0669	6,039
	17	1,441	43,230	0,0843	3,644	0,0669	2,892
18	0,092	2,760	0,0843	0,233	0,0669	0,185	

Tabla 46: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de septiembre

Del mismo modo que en marzo, en el mes de octubre también habrá un cambio horario que se deberá tener en cuenta en los distintos cálculos:

Mes	Hora invierno	Hora verano	Energía generada (kWh)	Energía generada (kWh) mes invierno	Energía generada (kWh) mes verano	Precio período energía invierno (€/kWh)	Precio período energía verano (€/kWh)	Coste de la energía producida en el período de tarifa (€)
Octubre	7	8	0,832	4,160	21,632	0,06540	0,0843	2,096
	8	9	2,305	11,525	59,930	0,0843	0,0843	6,024
	9	10	4,005	20,025	104,130	0,0843	0,0843	10,466
	10	11	5,268	26,340	136,968	0,0843	0,0988	15,753
	11	12	5,852	29,260	152,152	0,0843	0,0988	17,499
	12	13	6,599	32,995	171,574	0,0843	0,0988	19,733
	13	14	5,847	29,235	152,022	0,0843	0,0988	17,484
	14	15	5,068	25,340	131,768	0,0843	0,0843	13,244
	15	16	3,688	18,440	95,888	0,0843	0,0843	9,638
	16	17	2,311	11,555	60,086	0,0843	0,0843	6,039
17	18	0,376	1,880	9,776	0,0843	0,0843	0,983	

Tabla 47: Coste que tendría la energía generada en el mes de octubre

Mes	Hora invierno	Hora verano	Precio período potencia invierno (€/kW)	Precio período potencia verano (€/kW)	Coste de la potencia en el período de tarifa (€)
Octubre	7	8	0,04460	0,0669	1,633
	8	9	0,0669	0,0669	4,780
	9	10	0,0669	0,0669	8,306
	10	11	0,0669	0,1116	17,048
	11	12	0,0669	0,1116	18,938
	12	13	0,0669	0,1116	21,355
	13	14	0,0669	0,1116	18,921
	14	15	0,0669	0,0669	10,511
	15	16	0,0669	0,0669	7,649
	16	17	0,0669	0,0669	4,793
	17	18	0,0669	0,0669	0,780

Tabla 48: Coste que tendría la potencia generada en el mes de octubre

Mes	Hora	Energía generada (kWh)	Energía generada (kWh) mes	Precio período energía (€/kWh)	Coste de la energía producida en el período de tarifa (€)	Precio período potencia (€/kW)	Coste de la potencia en el período de tarifa (€)
Noviembre	7	0,012	0,360	0,0654	0,024	0,0446	0,016
	8	1,432	42,960	0,0843	3,622	0,0669	2,874
	9	2,968	89,040	0,0843	7,506	0,0669	5,957
	10	4,114	123,420	0,0843	10,404	0,0669	8,257
	11	4,748	142,440	0,0843	12,008	0,0669	9,529
	12	4,942	148,260	0,0843	12,498	0,0669	9,919
	13	4,652	139,560	0,0843	11,765	0,0669	9,337
	14	3,407	102,210	0,0843	8,616	0,0669	6,838
	15	2,345	70,350	0,0843	5,931	0,0669	4,706
	16	1,213	36,390	0,0843	3,068	0,0669	2,434

Tabla 49: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de noviembre

Mes	Hora	Energía generada (kWh)	Energía generada (kWh) mes	Precio período energía (€/kWh)	Coste de la energía producida en el período de tarifa (€)	Precio período potencia (€/kW)	Coste de la potencia en el período de tarifa (€)
Diciembre	8	0,633	19,623	0,0843	1,654	0,0669	1,313
	9	2,254	69,874	0,0843	5,890	0,0669	4,675
	10	3,727	115,537	0,0843	9,740	0,0669	7,729
	11	4,724	146,444	0,0843	12,345	0,0669	9,797
	12	4,761	147,591	0,0843	12,442	0,0669	9,874
	13	4,826	149,606	0,0843	12,612	0,0669	10,009
	14	3,725	115,475	0,0843	9,735	0,0669	7,725
	15	3,074	95,294	0,0843	8,033	0,0669	6,375
16	1,404	43,524	0,0843	3,669	0,0669	2,912	

Tabla 50: Coste que tendría la energía y potencia generada en el mes de diciembre

A partir de los resultados anteriormente expuestos, se puede obtener el coste total mensual tanto de energía como de potencia y por tanto el ahorro al generar dicha energía a partir de la instalación fotovoltaica:

	Energía total mensual (€)	Potencia total mensual (€)	Ahorro total mensual (€)
Enero	50,552	40,118	90,67
Febrero	69,677	55,295	124,972
Marzo	99,933	82,297	182,23
Abril	116,25	113,284	229,534
Mayo	132,666	128,118	260,784
Junio	155,606	150,33	305,936
Julio	165,413	160,572	325,985
Agosto	169,796	165,376	335,172
Septiembre	142,719	139,793	282,512
Octubre	118,959	114,713	233,672
Noviembre	75,441	59,867	135,308
Diciembre	76,12	60,409	136,529
<b>Total anual</b>	<b>1373,132</b>	<b>1270,172</b>	<b>2643,304</b>

*Tabla 51: Ahorro total mensual y anual de la energía y potencia generada por la instalación fotovoltaica*

## 8.2. Cargos por autoconsumo

Puesto que la energía generada por la instalación fotovoltaica está destinada al autoconsumo, la cooperativa deberá hacer frente a los costes asociados a dicha potencia y energía producida.

La potencia contratada por las oficinas de administración y logística a la que va destinada el presente proyecto es la que sigue:

	P1 Punta	P2 Llano	P3 Valle
<b>Potencia contratada (kW)</b>	25	15	5

*Tabla 52: Potencia contratada por la nave industrial*

Para el cálculo de los cargos por autoconsumo (costes de los peajes) tanto de energía como de potencia, se deberá tener en consideración el precio de estos en base al Real Decreto 244/2019 de Autoconsumo. A continuación, se muestran los precios correspondientes al último año:

Peaje de acceso	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/kWh)					
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 A (Pc ≤ 10 kW) .....	0,049033					
2.0 DHA (Pc ≤ 10 kW) .....	0,063141	0,008907				
2.0 DHS (Pc ≤ 10 kW) .....	0,063913	0,009405	0,008767			
2.1 A (10 < Pc ≤ 15 kW) .....	0,060728					
2.1 DHA (10 < Pc ≤ 15 kW) .....	0,074079	0,018282				
2.1 DHS (10 < Pc ≤ 15 kW) .....	0,074851	0,021301	0,014025			
3.0 A ( Pc > 15 kW) .....	0,029399	0,019334	0,011155			
3.1A(1 kV a 36 kV) .....	0,022656	0,015100	0,014197			
6.1A (1 kV a 30 kV) .....	0,018849	0,016196	0,011534	0,012518	0,013267	0,008879
6.1B (30 kV a 36 kV) .....	0,018849	0,013890	0,010981	0,011905	0,012871	0,008627
6.2 ( 36 kV a 72,5 kV) .....	0,020138	0,016194	0,011691	0,011696	0,011996	0,008395
6.3 ( 72,5 kV a 145 kV) .....	0,022498	0,017414	0,012319	0,011824	0,011953	0,008426
6.4 ( Mayor o igual a 145 kV) .....	0,018849	0,013138	0,010981	0,011104	0,011537	0,008252

*Imagen 30: Cargo transitorio por energía autoconsumida*

NT	Peaje de acceso	Cargo fijo (€/kW)					
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
BT	2.0 A (Pc ≤ 10 kW) .....	8,989169					
	2.0 DHA (Pc ≤ 10 kW) .....	8,989169					
	2.0 DHS (Pc ≤ 10 kW) .....	8,989169					
	2.1 A (10 < Pc ≤ 15 kW) .....	15,390453					
	2.1 DHA (10 < Pc ≤ 15 kW) ....	15,390453					
	2.1 DHS (10 < Pc ≤ 15 kW) ....	15,390453					
	3.0 A ( Pc > 15 kW) .....	32,174358	6,403250	14,266872			
AT	3.1 A (1 kV a 36 kV) .....	36,608828	7,559262	5,081433	0,000000	0,000000	0,000000
	6.1A (1 kV a 30 kV) .....	22,648982	8,176720	9,919358	11,994595	14,279706	4,929022
	6.1B (30 kV a 36 kV) .....	16,747077	5,223211	7,757881	9,833118	12,118229	3,942819
	6.2 ( 36 kV a 72,5 kV) .....	9,451587	1,683097	4,477931	6,402663	8,074908	2,477812
	6.3 ( 72,5 kV a 145 kV) .....	9,551883	2,731715	3,994851	5,520499	6,894902	1,946805
	6.4 ( Mayor o igual a 145 kV) ...	3,123313	0,000000	1,811664	3,511473	4,991205	1,007911

*Imagen 31: Cargo fijo por potencia autoconsumida*

En las tablas siguientes se muestran dichos cargos:

Horas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Enero	Energía consumida (kWh)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	7,438	7,301	7,301	8,801	8,801	3,485	3,485	8,938	7,301	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Energía generada (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,455	1,425	2,274	2,786	3,242	3,198	2,665	2,113	1,186	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Diferencia	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	0,695	6,013	5,027	4,514	5,559	5,603	0,820	1,372	7,752	7,301	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Importa/Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa						
	Energía autoconsumida (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,455	1,425	2,274	2,786	3,242	3,198	2,665	2,113	1,186	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Precio cargo energía autoconsumida (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,011155	
	Coste cargo energía autoconsumida (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,028	0,044	0,054	0,063	0,062	0,052	0,041	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Potencia requerida por la instalación (kW)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	8,147	8,997	8,997	10,497	10,497	4,985	4,985	9,647	8,997	8,997	9,497	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Precio cargo potencia (€)	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	32,174358	32,174358	32,174358	32,174358	6,40325	6,40325	14,266872	
	Potencia de aplicación de cargos (kW)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	5,000	
	Diferencia potencia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Coste cargo potencia (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tabla 53: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de enero

Horas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Febrero	Energía consumida (kWh)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	7,438	7,301	7,301	8,801	8,801	3,485	3,485	8,938	7,301	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Energía generada (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,097	2,332	2,979	4,328	4,243	4,680	4,067	2,986	2,207	0,650	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Diferencia	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	0,053	5,106	4,322	2,972	4,557	4,120	-0,582	0,499	6,731	6,651	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Importa/Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa						
	Energía autoconsumida (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,097	2,332	2,979	4,328	4,243	4,680	3,485	2,986	2,207	0,650	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Precio cargo energía autoconsumida (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,011155	
	Coste cargo energía autoconsumida (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,045	0,058	0,084	0,082	0,090	0,067	0,058	0,043	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Potencia requerida por la instalación (kW)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	8,147	8,997	8,997	10,497	10,497	4,985	4,985	9,647	8,997	8,997	9,497	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Precio cargo potencia (€)	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	32,174358	32,174358	32,174358	32,174358	6,40325	6,40325	14,266872	
	Potencia de aplicación de cargos (kW)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	5,000	
	Diferencia potencia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Coste cargo potencia (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tabla 54: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de febrero

En el mes de marzo habrá que tener en cuenta para los cálculos el cambio horario:

Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Energía consumida (kWh)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	7,438	7,301	7,301	8,801	8,801	3,485	3,485	8,938	7,301	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
Energía generada invierno (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,608	2,306	3,597	4,475	4,770	4,690	4,784	4,321	3,958	2,783	1,462	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Energía generada verano (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,608	2,306	3,597	4,475	4,770	4,690	4,784	4,321	3,958	2,783	1,462	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Diferencia invierno	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	0,542	-1,156	3,841	2,825	2,531	4,111	4,016	-0,835	-0,473	6,155	5,839	7,220	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
Importa/Exporta invierno	Importa	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa						
Diferencia verano	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	0,542	5,132	3,704	2,825	4,031	4,111	-1,299	-0,835	4,980	4,518	5,839	7,720	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
Importa/Exporta verano	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa						
Energía autoconsumida invierno (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,608	1,150	3,597	4,475	4,770	4,690	4,784	3,485	3,485	2,783	1,462	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Energía autoconsumida verano (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,608	2,306	3,597	4,475	4,770	4,690	3,485	3,485	3,958	2,783	1,462	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Precio cargo energía autoconsumida invierno (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,011155	
Precio cargo energía autoconsumida verano (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,011155	
Coste cargo energía autoconsumida invierno (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,022	0,070	0,087	0,092	0,091	0,093	0,067	0,067	0,054	0,028	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Coste cargo energía autoconsumida verano (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,045	0,070	0,132	0,140	0,138	0,102	0,067	0,077	0,054	0,028	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Potencia requerida por la instalación (kW)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	8,147	8,997	8,997	10,497	10,497	4,985	4,985	9,647	8,997	8,997	9,497	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
Precio cargo potencia (€)	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	32,174358	32,174358	32,174358	32,174358	6,40325	6,40325	14,266872	
Potencia de aplicación de cargos (kW)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	5,000	
Diferencia potencia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Coste cargo potencia (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tabla 55: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de marzo

Horas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Abril	Energía consumida (kWh)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	7,438	7,301	7,301	8,801	8,801	3,485	3,485	8,938	7,301	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150
	Energía generada (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,208	1,438	2,888	4,027	4,363	5,513	5,736	5,353	4,878	3,745	2,588	1,546	0,358	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Diferencia	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	0,942	-0,288	-1,738	3,411	2,938	1,788	3,064	3,447	-1,393	-0,259	6,351	5,754	6,943	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150
	Importa/Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa								
	Energía autoconsumida (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,208	1,150	1,150	4,027	4,363	5,513	5,736	5,353	3,485	3,485	2,588	1,546	0,358	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Precio cargo energía autoconsumida (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,011155
	Coste cargo energía autoconsumida (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,013	0,022	0,078	0,084	0,162	0,169	0,157	0,102	0,067	0,050	0,030	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Potencia requerida por la instalación (kW)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	8,147	8,997	8,997	10,497	10,497	4,985	4,985	9,647	8,997	8,997	9,497	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150
	Precio cargo potencia (€)	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	6,40325	6,40325	6,40325	32,174358	32,174358	32,174358	32,174358	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	14,266872
	Potencia de aplicación de cargos (kW)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	15,000	15,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	5,000
	Diferencia potencia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Coste cargo potencia (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 56: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de abril

Horas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mayo	Energía consumida (kWh)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	7,438	7,301	7,301	8,801	8,801	3,485	3,485	8,938	7,301	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150
	Energía generada (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,520	1,760	3,328	4,194	4,954	5,663	6,049	5,881	5,107	4,146	3,269	1,839	0,581	0,058	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Diferencia	1,150	1,150	1,150	1,150	1,120	0,630	-0,610	-2,178	3,244	2,347	1,637	2,752	2,919	-1,621	-0,660	5,669	5,461	6,720	7,742	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150
	Importa/Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa								
	Energía autoconsumida (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,520	1,150	1,150	4,194	4,954	5,663	6,049	5,881	3,485	3,485	3,269	1,839	0,581	0,058	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Precio cargo energía autoconsumida (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,011155
	Coste cargo energía autoconsumida (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,013	0,022	0,081	0,096	0,166	0,178	0,173	0,102	0,067	0,063	0,036	0,011	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Potencia requerida por la instalación (kW)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	8,147	8,997	8,997	10,497	10,497	4,985	4,985	9,647	8,997	8,997	9,497	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150
	Precio cargo potencia (€)	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	6,40325	6,40325	6,40325	32,174358	32,174358	32,174358	32,174358	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	14,266872
	Potencia de aplicación de cargos (kW)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	15,000	15,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	5,000
	Diferencia potencia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Coste cargo potencia (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 57: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de mayo

	Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Junio	Energía consumida (kWh)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	7,438	7,301	22,301	8,801	8,801	3,485	3,485	23,938	7,301	7,301	12,001	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Energía generada (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,127	0,565	1,935	3,499	5,089	6,194	6,977	7,371	6,785	6,400	5,291	3,813	2,308	0,810	0,218	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Diferencia	1,15	1,15	1,15	1,15	1,02	0,58	-0,79	-2,35	2,35	1,11	15,32	1,43	2,02	-2,91	-1,81	20,13	4,99	6,49	11,78	1,99	1,15	1,15	1,15	1,15	
	Importa/Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa									
	Energía autoconsumida (kWh)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1273	0,5654	1,1500	1,1500	5,0889	6,1943	6,9766	7,3710	6,7846	3,4852	3,4852	3,8126	2,3083	0,8099	0,2183	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
	Precio cargo energía autoconsumida (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,011155
	Coste cargo energía autoconsumida (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,006	0,013	0,022	0,098	0,120	0,205	0,217	0,199	0,102	0,067	0,074	0,045	0,016	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Potencia requerida por la instalación (kW)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	8,147	8,997	23,997	10,497	10,497	4,985	4,985	24,647	8,997	8,997	13,697	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Precio cargo potencia (€)	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	6,40325	6,40325	6,40325	32,174358	32,174358	32,174358	32,174358	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	14,266872
	Potencia de aplicación de cargos (kW)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	15,000	15,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	5,000
	Diferencia potencia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,647	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Coste cargo potencia (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	61,770	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 58: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de junio

	Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Julio	Energía consumida (kWh)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	7,438	7,301	22,301	8,801	8,801	3,485	3,485	23,938	7,301	7,301	12,001	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Energía generada (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,375	1,768	3,353	5,186	6,412	7,489	7,457	7,511	6,494	5,436	3,987	2,281	0,825	0,211	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Diferencia	1,15	1,15	1,15	1,15	1,13	0,78	-0,62	-2,20	2,25	0,89	14,81	1,34	1,29	-3,01	-1,95	19,95	5,02	6,48	11,79	1,99	1,15	1,15	1,15	1,15	
	Importa/Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa									
	Energía autoconsumida (kWh)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0165	0,3749	1,1500	1,1500	5,1863	6,4124	7,4894	7,4568	7,5107	3,4852	3,4852	3,9871	2,2813	0,8249	0,2106	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
	Precio cargo energía autoconsumida (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,011155
	Coste cargo energía autoconsumida (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,013	0,022	0,100	0,124	0,220	0,219	0,221	0,102	0,067	0,077	0,044	0,016	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Potencia requerida por la instalación (kW)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	8,147	8,997	23,997	10,497	10,497	4,985	4,985	24,647	8,997	8,997	13,697	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Precio cargo potencia (€)	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	6,40325	6,40325	6,40325	32,174358	32,174358	32,174358	32,174358	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	14,266872
	Potencia de aplicación de cargos (kW)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	15,000	15,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	5,000
	Diferencia potencia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,647	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Coste cargo potencia (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	61,770	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 59: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de julio

	Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Agosto	Energía consumida (kWh)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	7,438	7,301	22,301	8,801	8,801	3,485	3,485	23,938	7,301	7,301	12,001	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Energía generada (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,265	1,720	3,495	5,364	6,730	7,710	7,936	7,625	6,930	5,497	4,043	2,291	0,598	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Diferencia	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,89	-0,57	-2,34	2,07	0,57	14,59	0,86	1,18	-3,44	-2,01	19,90	5,01	6,70	11,98	1,99	1,15	1,15	1,15	1,15	
	Importa/Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa									
	Energía autoconsumida (kWh)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2647	1,1500	1,1500	5,3642	6,7302	7,7097	7,9358	7,6249	3,4852	3,4852	4,0430	2,2907	0,5976	0,0195	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
	Precio cargo energía autoconsumida (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,011155
	Coste cargo energía autoconsumida (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,013	0,022	0,104	0,130	0,227	0,233	0,224	0,102	0,067	0,078	0,044	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Potencia requerida por la instalación (kW)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	8,147	8,997	23,997	10,497	10,497	4,985	4,985	24,647	8,997	8,997	13,697	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150
	Precio cargo potencia (€)	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	6,40325	6,40325	6,40325	32,174358	32,174358	32,174358	32,174358	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	14,266872
	Potencia de aplicación de cargos (kW)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	15,000	15,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	5,000
	Diferencia potencia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,647	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Coste cargo potencia (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	61,770	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 60: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de agosto

	Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Septiembre	Energía consumida (kWh)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	7,438	7,301	22,301	8,801	8,801	3,485	3,485	23,938	7,301	7,301	12,001	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Energía generada (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,045	1,179	3,352	5,004	6,366	6,935	7,164	6,911	5,904	4,676	3,009	1,441	0,092	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Diferencia	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,10	-0,03	-2,20	2,43	0,93	15,37	1,64	1,89	-2,42	-1,19	20,93	5,86	7,21	12,00	1,99	1,15	1,15	1,15	1,15	
	Importa/Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa									
	Energía autoconsumida (kWh)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0451	1,1500	1,1500	5,0039	6,3659	6,9351	7,1637	6,9106	3,4852	3,4852	3,0095	1,4408	0,0919	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
	Precio cargo energía autoconsumida (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,011155
	Coste cargo energía autoconsumida (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,013	0,022	0,097	0,123	0,204	0,211	0,203	0,102	0,067	0,058	0,028	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Potencia requerida por la instalación (kW)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	8,147	8,997	23,997	10,497	10,497	4,985	4,985	24,647	8,997	8,997	13,697	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150
	Precio cargo potencia (€)	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	6,40325	6,40325	6,40325	32,174358	32,174358	32,174358	32,174358	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	14,266872
	Potencia de aplicación de cargos (kW)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	15,000	15,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	5,000
	Diferencia potencia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,647	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Coste cargo potencia (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	61,770	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 61: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de septiembre

En el mes de octubre habrá que tener en cuenta para los cálculos el cambio horario:

Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Energía consumida (kWh)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	7,438	7,301	7,301	8,801	8,801	3,485	3,485	8,938	7,301	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
Energía generada invierno (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,832	2,305	4,005	5,268	5,852	6,599	5,847	5,068	3,688	2,311	0,376	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Energía generada verano (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,832	2,305	4,005	5,268	5,852	6,599	5,847	5,068	3,688	2,311	0,376	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Diferencia invierno	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	0,318	-1,155	3,433	2,033	1,449	2,201	2,954	-1,583	-0,203	6,627	6,925	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
Importa/Exporta invierno	Importa	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa	Importa														
Diferencia verano	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	0,318	5,133	3,296	2,033	2,949	2,201	-2,361	-1,583	5,250	4,990	6,925	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
Importa/Exporta verano	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Exporta	Importa	Importa														
Energía autoconsumida invierno (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,832	1,150	4,005	5,268	5,852	6,599	5,847	3,485	3,485	2,311	0,376	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Energía autoconsumida verano (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,832	2,305	4,005	5,268	5,852	6,599	3,485	3,485	3,688	2,311	0,376	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Precio cargo energía autoconsumida invierno (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,011155	
Precio cargo energía autoconsumida verano (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,011155	
Coste cargo energía autoconsumida invierno (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,022	0,077	0,102	0,113	0,128	0,113	0,067	0,067	0,045	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Coste cargo energía autoconsumida verano (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,045	0,077	0,155	0,172	0,194	0,102	0,067	0,071	0,045	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Potencia requerida por la instalación (kW)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	8,147	8,997	8,997	10,497	10,497	4,985	4,985	9,647	8,997	8,997	9,497	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
Precio cargo potencia (€)	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	6,40325	6,40325	6,40325	32,174358	32,174358	32,174358	32,174358	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	14,266872	
Potencia de aplicación de cargos (kW)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	15,000	15,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	5,000	
Diferencia potencia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Coste cargo potencia (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tabla 62: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de octubre

Noviembre	Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	Energía consumida (kWh)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	7,438	7,301	7,301	8,801	8,801	3,485	3,485	8,938	7,301	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150
	Energía generada (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	1,432	2,968	4,114	4,748	4,942	4,652	3,407	2,345	1,213	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Diferencia	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,138	-0,282	4,470	3,186	2,553	3,859	4,149	0,078	1,140	7,725	7,301	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Importa/Exporta	Importa	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa															
	Energía autoconsumida (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	1,150	2,968	4,114	4,748	4,942	4,652	3,407	2,345	1,213	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Precio cargo energía autoconsumida (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,011155	
	Coste cargo energía autoconsumida (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,057	0,080	0,092	0,096	0,090	0,066	0,045	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Potencia requerida por la instalación (kW)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	8,147	8,997	8,997	10,497	10,497	4,985	4,985	9,647	8,997	8,997	9,497	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Precio cargo potencia (€)	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	32,174358	32,174358	32,174358	32,174358	6,40325	6,40325	14,266872	
Potencia de aplicación de cargos (kW)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	5,000		
Diferencia potencia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Coste cargo potencia (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tabla 63: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de noviembre

Diciembre	Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	Energía consumida (kWh)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	7,438	7,301	7,301	8,801	8,801	3,485	3,485	8,938	7,301	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150
	Energía generada (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,633	2,254	3,727	4,724	4,761	4,826	3,725	3,074	1,404	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Diferencia	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	0,517	5,184	3,574	2,576	4,040	3,974	-0,240	0,411	7,534	7,301	7,301	7,801	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Importa/Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Exporta	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa	Importa						
	Energía autoconsumida (kWh)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,633	2,254	3,727	4,724	4,761	4,826	3,485	3,074	1,404	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Precio cargo energía autoconsumida (€)	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,011155	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,019334	0,029399	0,029399	0,029399	0,029399	0,019334	0,019334	0,011155	
	Coste cargo energía autoconsumida (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,044	0,072	0,091	0,092	0,093	0,067	0,059	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Potencia requerida por la instalación (kW)	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150	8,147	8,997	8,997	10,497	10,497	4,985	4,985	9,647	8,997	8,997	9,497	1,985	1,150	1,150	1,150	1,150	
	Precio cargo potencia (€)	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	14,266872	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	6,40325	32,174358	32,174358	32,174358	32,174358	6,40325	6,40325	14,266872	
Potencia de aplicación de cargos (kW)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	25,000	25,000	25,000	25,000	15,000	15,000	5,000		
Diferencia potencia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Coste cargo potencia (€)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tabla 64: Cargo fijo y variable por potencia y energía autoconsumida en el mes de diciembre

El conjunto de las tablas anteriores se resume en la tabla que sigue. En esta se muestra, además de la energía consumida por la nave industrial cada mes, la cantidad de energía que se genera en la instalación solar fotovoltaica, qué cantidad de esta energía está destinada al autoconsumo y cuánta energía necesita nuestra nave importar de la red y exporta a la misma.

Mes	Energía actual consumida (kWh)	Energía FV generada (kWh)	Energía autoconsumida (kWh)	Energía red importada (kWh)	Energía red exportada (kWh)
Enero	1968,54	599,65	406,21	1562,23	193,44
Febrero	1874,80	827,94	579,75	1294,97	248,19
Marzo	2156,02	1172,85	813,51	1342,41	359,35
Abril	2062,28	1279,21	857,16	1205,03	422,05
Mayo	1874,80	1468,75	846,19	1028,52	622,56
Junio	2814,68	1721,49	1089,61	1724,97	631,88
Julio	2686,74	1822,88	1071,45	1615,20	751,43
Agosto	2814,68	1866,89	1140,72	1673,86	726,17
Septiembre	2686,74	1562,33	970,97	1715,67	591,36
Octubre	1874,80	1306,64	764,11	1110,60	542,53
Noviembre	1874,80	895,02	591,03	1283,68	303,98
Diciembre	1968,54	902,99	606,66	1361,78	296,32

*Tabla 65: Tabla resumen de la energía consumida, generada por la instalación fotovoltaica, autoconsumida, importada de la red y exportada a la red mensualmente*

Asimismo, del conjunto de las tablas anteriores, se puede determinar el coste del peaje tanto de energía como de potencia mensual de la instalación solar fotovoltaica:

Mes	Coste peaje energía (€)	Coste peaje potencia (€)	Coste peaje total (€)
Enero	7,85	0,00	7,85
Febrero	11,21	0,00	11,21
Marzo	15,63	0,00	15,63
Abril	20,78	0,00	20,78
Mayo	20,33	0,00	20,33
Junio	26,19	61,77	87,96
Julio	25,93	61,77	87,70
Agosto	27,72	61,77	89,49
Septiembre	23,74	61,77	85,51
Octubre	19,04	0,00	19,04
Noviembre	11,42	0,00	11,42
Diciembre	11,73	0,00	11,73

*Tabla 66: Coste del peaje de la energía y potencia mensual de la instalación fotovoltaica*

El excedente de energía producida por la instalación fotovoltaica se exportará a la red eléctrica vendiéndose al precio del pool eléctrico. Para determinar dicho precio de venta se ha sacado una media del precio del mercado eléctrico en los últimos tres años con el fin de poder hallar el beneficio obtenido por la energía exportada a la red eléctrica.

Mes	Media (€/kWh)
Enero	0,0525
Febrero	0,0576
Marzo	0,0422
Abril	0,0448
Mayo	0,0577
Junio	0,0614
Julio	0,0650
Agosto	0,0675
Septiembre	0,0516
Octubre	0,0596
Noviembre	0,0621
Diciembre	0,0608

*Tabla 67: Precio medio mensual de la energía del pool eléctrico*

Todos los anteriores cálculos sirven para obtener el ahorro total y por lo tanto el beneficio neto que supondrá la construcción de la instalación fotovoltaica en la cubierta de la nave industrial. En la tabla de a continuación se muestra dicho ahorro total, además de la cobertura de la demanda y la cuota de autoconsumo que se obtendrá con la construcción de la instalación:

Mes	Cobertura demanda (%)	Cuota autoconsumo (%)	Ahorro energía autoconsumida (€)	Coste total peajes (€)	Beneficio por energía exportada (€)	Ahorro total (€)
Enero	20,635	67,742	61,422	7,854	10,151	63,719
Febrero	30,923	70,023	87,509	11,209	14,302	90,602
Marzo	37,732	69,361	126,397	15,633	15,160	125,925
Abril	41,564	67,007	153,804	20,776	18,909	151,937
Mayo	45,135	57,613	150,245	20,325	35,894	165,814
Junio	38,712	63,295	193,641	87,956	38,787	144,472
Julio	39,879	58,778	191,607	87,703	48,824	152,727
Agosto	40,528	61,103	204,799	89,494	49,050	164,355
Septiembre	36,139	62,149	175,578	85,514	30,519	120,582
Octubre	40,757	58,479	136,649	19,042	32,340	149,947
Noviembre	31,525	66,036	89,352	11,425	18,893	96,819
Diciembre	30,818	67,184	91,726	11,729	18,027	98,024
<b>Total</b>						<b>1524,923</b>

Tabla 68: Cobertura de la demanda, cuota de autoconsumo y ahorro total que se obtendrá con la construcción de la instalación fotovoltaica

El ahorro total anual tras descontar el coste de los peajes se concluye que es de 1524, 923 € y este será el valor que se tendrá en cuenta a la hora de determinar la viabilidad del presente proyecto.

## 9. Estudio de viabilidad

Sabiendo que la vida útil de la instalación solar fotovoltaica es de 25 años, la inversión que supone la construcción de la misma y el ahorro total que se obtiene a partir de su aprovechamiento tras descontar la totalidad de los costes, es posible determinar si el presente proyecto resulta rentable económicamente y el número de años que se tardará en amortizarlo.

## 9.1. Payback

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Coste instalación	-11584,12	-10059,19	-8534,27	-7009,35	-5484,42	-3959,50	-2434,58	-909,65
Beneficio	0,00	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92
Diferencia	-11584,12	-8534,27	-7009,35	-5484,42	-3959,50	-2434,58	-909,65	615,27

Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16
615,27	2140,19	3665,12	5190,04	6714,96	8239,89	9764,81	11289,73	12814,66
1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92
2140,19	3665,12	5190,04	6714,96	8239,89	9764,81	11289,73	12814,66	14339,58

Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25
14339,58	15864,50	17389,43	18914,35	20439,27	21964,20	23489,12	25014,04	26538,97
1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92
15864,50	17389,43	18914,35	20439,27	21964,20	23489,12	25014,04	26538,97	28063,89

<b>Presupuesto total (€)</b>	11584,12
<b>Beneficio por año (€)</b>	1524,92
<b>Años completos</b>	7,00
<b>Años fraccionados</b>	0,60
<b>Payback</b>	7,60

Tabla 69: Cálculo del payback

En base al criterio del payback, se concluye que se recuperará la inversión en 7,60 años, lo que equivale a 7 meses, 18 días y 36 minutos.

## 9.2. VAN

El VAN (valor actual neto) es un criterio de inversión, el cual consiste en actualizar los pagos y cobros de una inversión o proyecto para determinar cuánto se va a perder o ganar con esa inversión.

El VAN expresa una medida de rentabilidad de la instalación fotovoltaica en términos absolutos netos, esto es, en número de unidades monetarias. Para su cálculo, se deben descontar todos los flujos de caja, descontándolos a un tipo de interés establecido a priori, al momento presente. La fórmula para hallar su valor es la que sigue:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Siendo:

$I_0$ : inversión inicial

$F_t$ : flujos de caja en cada uno de los

períodos  $t$   $n$ : cantidad de períodos de

tiempo

$k$ : tipo de interés

El VAN se utiliza para tomar dos decisiones: en primer lugar, para ver qué inversión, en términos absolutos, es mejor que otra y en segundo lugar, determinar si las inversiones son efectuales. Los criterios de decisión son los siguientes:

$VAN > 0$ : Significa que el valor actualizado de los pagos y cobros futuros de la inversión, al tipo de interés seleccionado producirá beneficios.

$VAN = 0$ : El proyecto a realizar no generará ni pérdidas ni beneficios.

$VAN < 0$ : El proyecto a realizar deberá ser rechazado pues generará pérdidas.

Inversión inicial	Beneficio						
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
-11584,12	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92

Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16
1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92

Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25
1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92

Tasa de interés	0,05
VAN (€)	9908,07

Tabla 70: Cálculo del VAN

El VAN da como resultado 9908,07 €, es decir, es superior a 0, lo que significa que llevar a cabo el presente proyecto generará beneficios, por lo que se debe aceptar.

### 9.3. TIR

El TIR (tasa interna de retorno) es la tasa de rentabilidad que genera una inversión. En otras palabras, es el porcentaje de pérdida o beneficio que producirá una inversión para aquellas cantidades del proyecto que no se han retirado

La TIR es la tasa de interés que, en el momento inicial, iguala la corriente de pagos con la futura de cobros, provocando un VAN = 0. La fórmula para hallar su valor es la que sigue:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Siendo:

$I_0$ : inversión inicial

$F_t$ : flujos de caja en cada uno de los

períodos  $t$   $n$ : cantidad de períodos de

tiempo

El criterio de elección será el que sigue donde “k” es la tasa de interés de flujos de caja seleccionada para el cálculo del VAN:

Si  $TIR > k$ : Significa que el presente proyecto será aceptado.

Si  $TIR = k$ : El proyecto a realizar no generará ni pérdidas ni beneficios. En esta situación, el presente proyecto podría llevarse a cabo si eso significara una mejora de la posición competitiva de la entidad a la que va destinado y si no hay otras alternativas que resulten más favorables.

Si  $TIR < k$ : El presente proyecto a realizar deberá ser rechazado pues generará pérdidas.

Inversión inicial	Beneficio						
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
-11584,12	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92

Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16
1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92

Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25
1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92	1524,92

<b>TIR (%)</b>	12,50
----------------	-------

Tabla 71: Cálculo de la TIR

Dado que el TIR es superior a la tasa de descuento aplicada en el VAN, se concluye que el presente proyecto deberá efectuarse.

## 10. Presupuesto

El presupuesto se encuentra constituido por:

- 25 módulos fotovoltaicos monocristalinos marca Atersa, modelo A-400 M GS, de 400 W de potencia pico, garantía de 10 años de producto, un rendimiento del 80% y 25 años de vida útil.
- Estructura solar triangular fija para 72 módulos fotovoltaicos, construida en aluminio y con tornillería de acero inoxidable
- Inversor de conexión a red trifásico, marca SMA, modelo STP 10000 TL-10, de 10 kW de potencia nominal, con 2 seguidores MPPT independientes.
- Sistema de monitorización centralizado. Medición de consumos y producción fotovoltaica. Incluye cableado de datos UTP entre los diferentes equipos de la instalación y analizador de red de consumos.
- Instalación eléctrica. Incluye cableado para la interconexión de todos los componentes de la instalación fotovoltaica: cableado de corriente continua para el conexionado de los paneles solares al inversor y cableado de corriente alterna para la conexión del inversor a los cuadros de protección. También incluye material pequeño tal como terminales, conectores, cuadros de protecciones y canalizaciones hasta el cuadro de protecciones de corriente alterna de la instalación de generación.
- Mano de obra especializada en instalaciones solares fotovoltaicas.
- Legalización de la instalación y proyecto de ingeniería.

A continuación, se resume en la tabla que sigue:

<b>Producto</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Precio total (€)</b>
Panel solar A-400 M GS	25,000	136,200	3405,000
Inversor STP 10000TL-10	1,000	2228,280	2228,280
Estructura soporte inclinada para paneles solares en cubierta metálica	25,000	44,950	1123,750
Sistema de monitorización centralizado	1,000	1,000	1,000
Instalación eléctrica	1,000	-	582,850
Mano de obra especializada	1,000	-	1482,770
Legalización y proyecto de ingeniería de la instalación	1,000	-	750,000
<b>Total sin IVA (€)</b>			9573,650
<b>IVA</b>			0,210
<b>Total con IVA (€)</b>			11584,117

*Tabla 72: Resumen presupuesto*

## **CAPÍTULO VI: Bibliografía**

[REND13] Grupo Render Industrial, “GRUPO RENDER PROMUEVE Y LEGALIZA LA PRIMERA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN EXTREMADURA PARA PRODUCIR 14.364 KWH AL AÑO”, Noticias Energía Extremadura, Extremadura, España. Mayo 2013.

[FOTO\_\_] Fotocasa, “Nave industrial en Industrial Campo Arañuelo, Naval Moral de la Mata”, SERVIHABITAT SERVICIOS INMOBILIARIOS.

[PLAN15] Oriol Planas, “Radiación solar”, Energía Solar. Mayo 2015.

[WIKI20] Wikipedia, “Radiación solar”. Julio 2020.

[AEME\_\_] Agencia Estatal de Meteorología (AEMet), “La radiación solar”, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO.

[ANDR15] Dra. Maria de Andrade, “Definición de Radiación Solar”, Definición ABC. Febrero 2015.

[VIER14] Perla Marlene Viera-Gonzalez, “Espectro electromagnético”. Junio 2014.

[ORTI16] Harold Ortíz, “Como dimensionar una instalación fotovoltaica”, Ecosolar, Abril 2016.

[EURO\_\_] European Commission, “PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM”.

[PLAN15] Oriol Planas, “Efecto fotovoltaico”, Energía Solar. Mayo 2015.

[DESC13] Descubre la energía, “¿Qué es el efecto fotovoltaico?”. Septiembre 2013.

[ALON\_\_] José Alfonso Alonso Lorenzo, “¿En qué consiste el efecto fotovoltaico?”, Sun Fields.

[PORT\_\_] Germán Portillo, “Efecto fotovoltaico”, Energía Solar Fotovoltaica.

- [IBER\_\_] Iberdrola, “¿Cómo funcionan las plantas fotovoltaicas?”, Medio Ambiente.
- [WIKI20] Wikipedia, “Energía solar fotovoltaica”. Junio 2020.
- [ACCI19] Acciona, “¿Qué es la energía solar fotovoltaica y cómo funciona?” ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, Marzo 2019.
- [AUTO\_\_] Autosolar, “Energía Solar Fotovoltaica”.
- [PLAN09] Oriol Planas, “ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA”, Energía Solar. Diciembre 2009.
- [POWE18] Powen, “BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES DE LA ENERGÍA SOLAR”. Mayo 2018
- [ZITR19] ZITRO Energía, “10 Ventajas de la Energía Solar en el 2019”. Abril 2019.
- [NAVA19] Javier J. Navarro, “El increíble coste menguante de la energía solar”, El blog del Salmón. Diciembre 2019.
- [TUBO16] TuboSolar, “Energía Solar 10 ventajas y 6 inconvenientes”. Agosto 2016
- [OJED20] Guillermo Ojeda, “¿Qué es la energía solar?: Tipos y Beneficios en España”, Selectra. Julio 2020.
- [MULT16] Multimedia, “VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PANELES SOLARES EN EL HOGAR”. Mayo 2016.
- [CAMB18] Cambio energético, “PANELES SOLARES EN HOTELES. VENTAJAS Y CASOS DE EXITO”. Agosto 2018.
- [DIFE\_\_] Diferenciador, “Energía solar: ventajas y desventajas”.
- [CHIL\_\_] Educar Chile, “Ventajas y desventajas de la energía solar”, Aprende con energía.
- [TWEN19] Twenergy, “Desventajas de la energía solar”. Octubre 2019.
- [MEKA\_\_] Mekanaves, “Naves industriales”.

[ENER\_\_] ENERGIZA, “Historia de la energía solar fotovoltaica”.

[ABEL\_\_] Christian Abele, “Historia de la energía solar fotovoltaica”, Hogar Sense.

[IGLE\_\_] Abelardo IGLESIAS MENÉNDEZ, José Luis LOMBARDEO RODIL,”  
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA”.

[TSOL17] T-Solar, “Breve historia de la energía solar fotovoltaica”. Enero 2017.

[ZAFR18] J. Zafrilla, G. Arce, M.A. Cadarso, C. Córcoles, N. Gómez, L. A. López, F. Monsalve y M. A. Tobarra., “EL DESARROLLO ACTUAL DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA”, Madrid: Unión Española Fotovoltaica (UNEF). 2018.

[ECOL05] Ecologistas en acción, “Desarrollo de la energía solar fotovoltaica”. Mayo 2005.

[RENE19] Renewable energy manazine, “Crece en dos años casi un 500% la energía solar fotovoltaica instalada en España”. Febrero 2019.

[SITI\_\_] Sitio Solar, “La historia de la energía solar fotovoltaica”.

[WIKI20] Wikipedia, “Crecimiento de la energía solar fotovoltaica”. Abril 2020.

[OVAC18] OVACEN, “12 Gráficas para entender la fotovoltaica en el mundo, Europa y España”. Septiembre 2018.

[UNEF19] UNEF, “El sector fotovoltaico impulsor de la transición energética”, UNEF. Informe Anual 2019. 2019

[REVE20] Reve, “La energía solar fotovoltaica en España”. Enero 2020.

[ERNE\_\_] Ernesto Rodriguez, “Instalación fotovoltaica”.

[COMP\_\_] “COMPONENTES DE UNA COMPONENTES DE UNA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA”.

[CALC\_\_] Calculationsolar.

[MHED\_\_] Mheducation, “Componentes de una instalación solar fotovoltaica”.

[YANI19] David Yániz, “Que es y cómo Funciona una Placa Solar Fotovoltaica”. Septiembre 2019.

[UJAE\_\_] UJaen, “LA CÉLULA SOLAR”.

[ENER11] Energétika, “Curva I-V”. 2011

[RUIZ13] Roberto Ruiz Ortega, “ANÁLISIS DE LA CORRECCIÓN DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS I-V DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS”, TRABAJO FIN DE GRADO, Universidad Carlos III de Madrid. Julio 2013.

[ERNE\_\_] Ernesto Rodriguez, “REGULADOR DE CARGA SOLAR”, Tecnología.

[ERNE\_\_] Ernesto Rodriguez, “BATERIAS PARA PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS”, Tecnología.

[TECN\_\_] Tecnología, “Inversor fotovoltaico”.

[MONS\_\_] Monsolar, “Inversores solares”.

[PLAN17] Oriol Planas, “INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA”, Energía Solar. Marzo 2017.

[BRET15] Jordi Bret Cosials, “Instalación solar fotovoltaica de conexión a red de 50 kw sobre suelo en una masía”. Universitat Politècnica de Catalunya. Junio 2015.

[SACR14] SILVIA SACRISTÁN BENITO, “INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA -20 KW PARA CONEXIÓN A RED”, Universidad de Valladolid. Julio de 2014.

[FLOR11] Carlos Flores Pulgarín, “Parque fotovoltaico de 500 kW conectado a la red situado en El Prat”. 2011.

[MONS20] Monsolar, “Como afecta la temperatura a una placa solar”, Julio 2020.

[LOPE15] Pedro Lopez Ruiz, “Diseño de una instalación fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de vivienda aislada”. Septiembre 2015.

[TECN] Blog Tecnosol, “Consejos para instalaciones fotovoltaicas: Distancia entre filas de paneles solares para evitar el sombreado”. Diciembre 2016.

[VILL15] Olallo Villoldo Ruiz, “Diseño de instalación fotovoltaica interconectada de 100 kW destinada al autoconsumo en San Pablo de Buicete, Cádiz”, Escuela técnica superior ingenieros industriales Valencia. 2015.

[GDAC\_\_] Grupo DAC, “Energía Solar Fotovoltaica”.



## **-DOCUMENTO 2: PLANOS-**



1

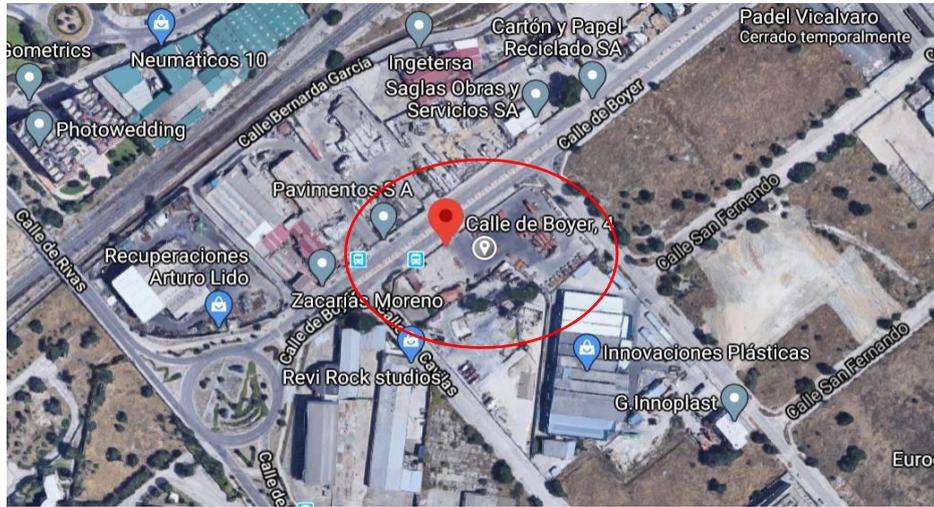
2

3

4

A

A



B

B

C

C



D

D

E

E

F

F

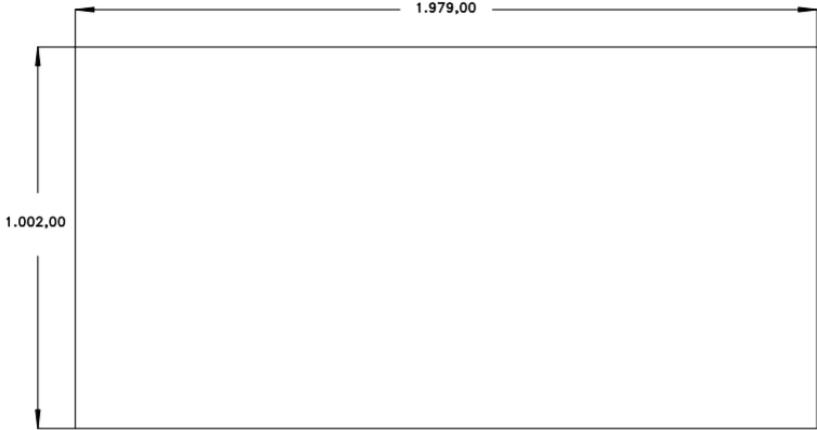
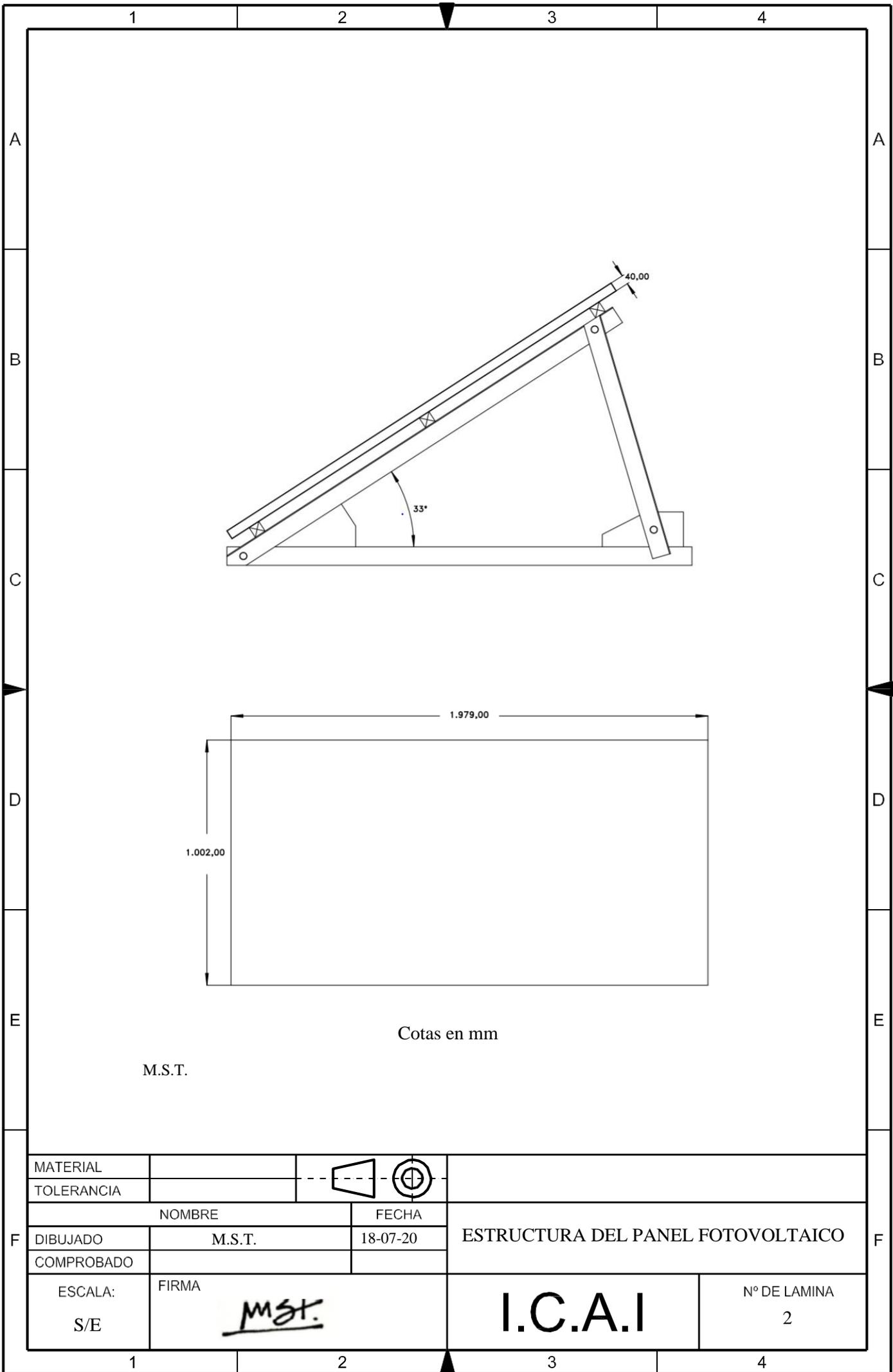
NOMBRE		FECHA	LOCALIZACIÓN DE LA NAVE INDUSTRIAL	
DIBUJADO	M.S.T.	18-07-20		
COMPROBADO			I.C.A.I	
ESCALA:	FIRMA			
S/E	<i>Mst.</i>		1	

1

2

3

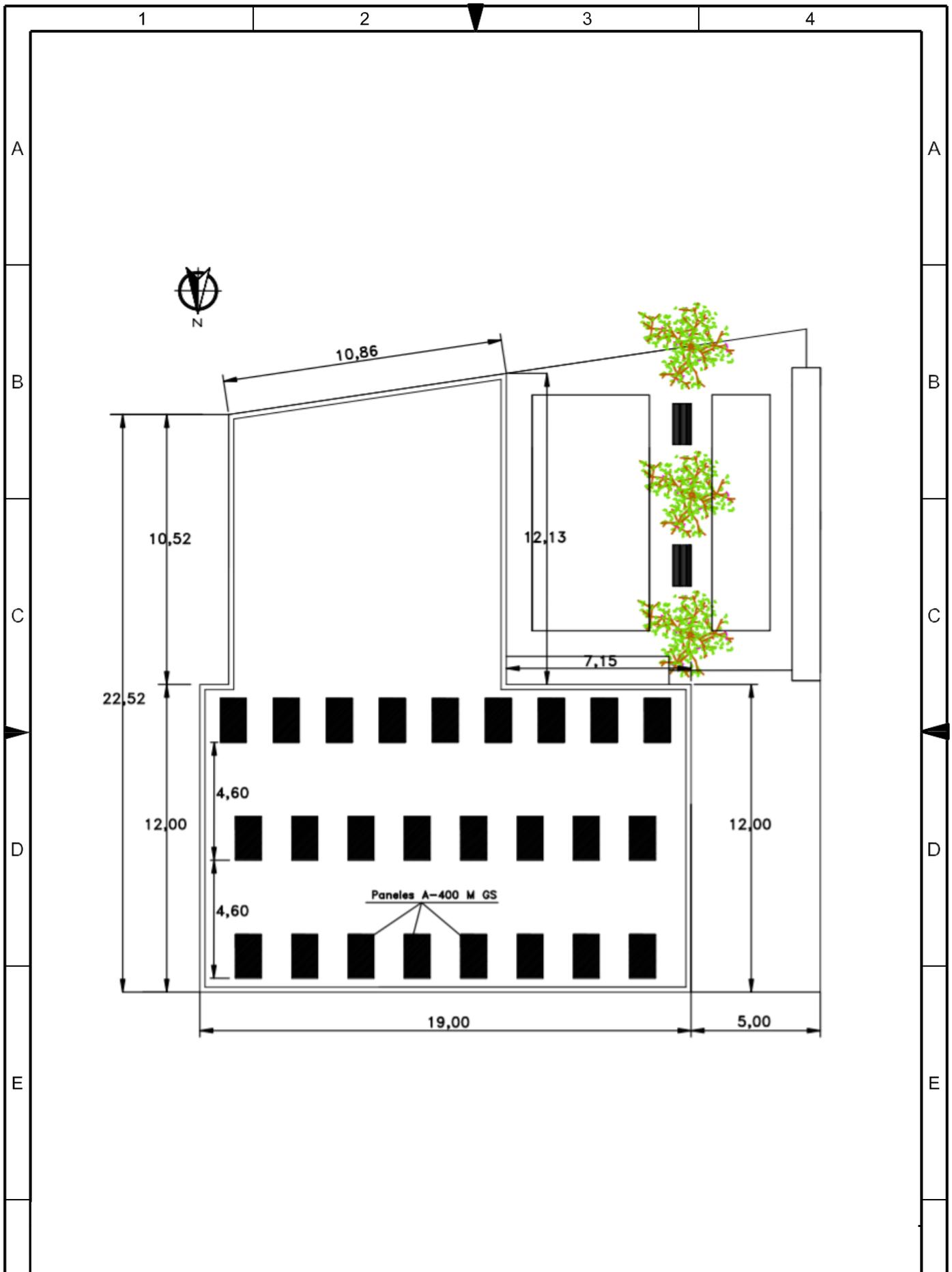
4



Cotas en mm

M.S.T.

MATERIAL				
TOLERANCIA				
NOMBRE		FECHA		ESTRUCTURA DEL PANEL FOTOVOLTAICO
DIBUJADO	M.S.T.	18-07-20		
COMPROBADO				
ESCALA:	FIRMA		I.C.A.I	N° DE LAMINA 2
S/E	<i>MST.</i>			



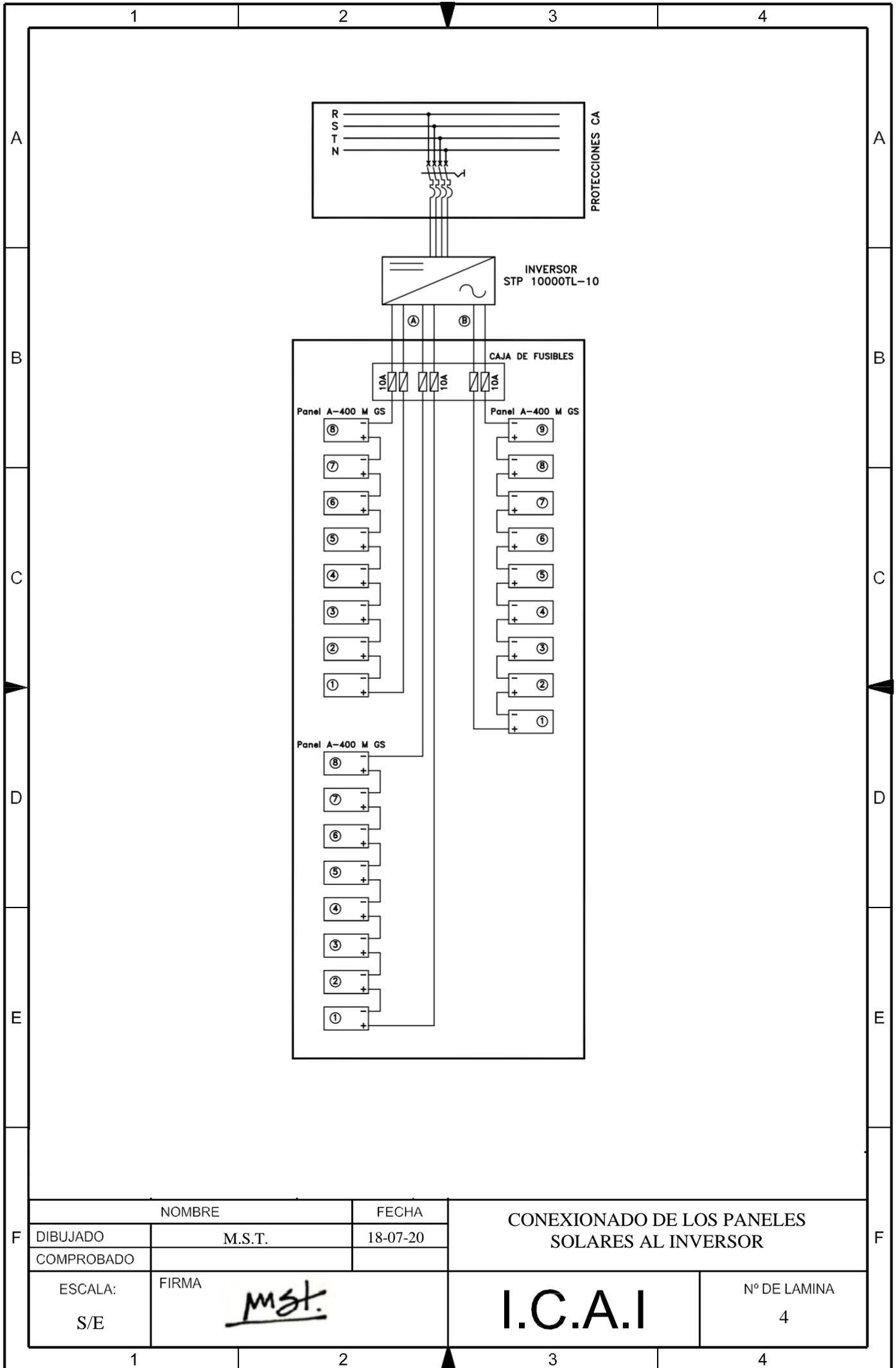
NOMBRE		FECHA	DISPOSICIÓN DE LOS PANELES SOLARES EN LA CUBIERTA DE LA NAVE
DIBUJADO	M.S.T.	18-07-20	
COMPROBADO			
ESCALA: 1/200	FIRMA <i>Mst.</i>	I.C.A.I	Nº DE LAMINA 3

1

2

3

4



NOMBRE		FECHA	CONEXIONADO DE LOS PANELES SOLARES AL INVERSOR	
DIBUJADO	M.S.T.	18-07-20		
COMPROBADO				
ESCALA: S/E	FIRMA <i>Mst.</i>	I.C.A.I		Nº DE LAMINA 4

# **-DOCUMENTO 3: ANEXOS-**



## **ANEXO I**

### **1. Pliego de condiciones**

#### **1.1. Objeto**

El presente pliego tiene por objeto la ordenación de las normativas, condiciones y especificaciones técnicas que han de regir durante el desarrollo, ejecución, recepción y control de las obras correspondientes a la construcción de la instalación solar fotovoltaica para autoconsumo conectada a la red. El alcance del presente Pliego de Condiciones se extiende tanto a la obra civil que se precisa para la construcción de la instalación como a la totalidad los sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos que constituyen la misma.

#### **1.2. Documentación que define las obras**

La documentación contractual que define y detalla las obras relativas a la instalación fotovoltaica y que la propiedad otorgará al Contratista, son el Pliego de Condiciones, la Memoria, los Planos y el Presupuesto, los cuales se incluyen en el Documento presente.

Cualquier cambio en la Obra que suponga una modificación sustancial de lo inicialmente proyectado, deberá ponerse en conocimiento del técnico competente o proyectista para, si procede, que lo apruebe y redacte posteriormente el proyecto reformado.

En el caso de que existan contradicciones entre el Pliego de Condiciones y los Planos, predominará lo prescrito en el primer documento. Lo mencionado en el Pliego de Condiciones y omitido en los Planos o viceversa, deberá ser ejecutado como si en ambos documentos estuviera expuesto.

### **1.3. Componentes y materiales**

Se ha de asegurar, como principio general, como mínimo un aislamiento eléctrico básico de clase I en lo que afecta tanto a materiales (armarios y cajas de conexión y conductores), a excepción del cableado de corriente continua, que deberá disponer de un doble aislamiento, como a equipos (inversores y módulos).

La instalación deberá garantizar la calidad del suministro eléctrico en todo momento incorporando todas las características y elementos necesarios.

La actividad de las instalaciones solares fotovoltaicas no deberá ocasionar en la red la disminución de las condiciones de seguridad, alteraciones superiores a las que admite la normativa aplicable, ni averías. Asimismo, la actividad de estas instalaciones fotovoltaicas no podrá originar condiciones de trabajo peligrosas para el personal de explotación y mantenimiento de la red de distribución.

Aquellos materiales situados a la intemperie deberán protegerse contra los agentes ambientales, particularmente contra el efecto de la humedad y la radiación solar. Se incluirán todos los elementos necesarios para garantizar la seguridad y las protecciones propias de la instalación fotovoltaica y las personas asegurando de esta manera la protección frente a sobrecargas, contactos tanto directos como indirectos, cortocircuitos, así como otras protecciones y elementos para el cumplimiento de la normativa vigente y de aplicación.

Las distintas marcas y productos comerciales han sido incluidos en la memoria a modo orientativo, pudiendo utilizarse cualquier otro producto existente en el mercado de similares características. La elección de los mismos es responsabilidad del instalador que deberá seleccionarlos en función de la disponibilidad, preferencia del instalador o existencia en el mercado en el momento de la ejecución.

Los materiales elegidos deberán cumplir con la normativa vigente y las exigencias de proyecto. En el caso de que no fuera posible seleccionar un

componente que satisfaga los requisitos del presente proyecto, será precisa la aprobación expresa de la Dirección Facultativa que evaluará su idoneidad y efecto en el resto de elementos de la instalación.

La aceptación final de los componentes y materiales deberá firmarse por el propietario del presupuesto presentado por el contratista.

La aceptación final de los componentes y materiales deberá efectuarse con la firma del propietario del presupuesto que ha sido presentado por el contratista.

En la Memoria de Proyecto o Diseño se expondrán las distintas modificaciones que se hayan podido producir respecto a la Memoria de Solicitud, así como la razón de las mismas. Asimismo, se incluirán las fotocopias relativas a las especificaciones técnicas de todos los elementos o componentes, las cuales han sido proporcionadas por los fabricantes.

### **1.3.1. Módulos fotovoltaicos**

Todos y cada uno de los módulos fotovoltaicos que conforman la instalación deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos construidos a base de silicio cristalino, así como contar con la cualificación de algún laboratorio reconocido, lo que se justificará con la presentación del certificado correspondiente. El módulo deberá llevar de manera indeleble y visible el modelo y logotipo o nombre del fabricante y, o bien un número de serie para que pueda ser trazado a la fecha de fabricación, o una identificación individual.

Los módulos fotovoltaicos tienen que disponer de los diodos de derivación con el fin de evitar las averías que puedan producirse en los circuitos y las células a causa de sombreados parciales y contarán con un grado IP65 de protección. Los marcos laterales serán de acero inoxidable o aluminio.

El conjunto de los módulos que constituirán la instalación será del mismo modelo y fabricante, con las mismas características tanto físicas como eléctricas.

Para que un módulo resulte admisible, su corriente de cortocircuito y potencia máxima reales en condiciones estándar de funcionamiento (temperatura de 25°C y radiación de 1000 W/m<sup>2</sup>) deberán estar comprendidas en el rango  $\pm 5\%$  de sus correspondientes valores nominales expuestos en el catálogo. En el caso de que el módulo presente defectos de fabricación tal como burbujas en el encapsulante, carencia de alienación en las células, manchas o roturas en alguno de sus elementos, el módulo será rechazado.

Por motivos de seguridad y para que resulte más sencilla la reparación y mantenimiento del generador, los elementos necesarios para la desconexión se instalarán en ambos terminales del generador y de manera independiente. Asimismo, la estructura del generador se conectará a tierra.

### **1.3.2. Estructura soporte**

La estructura soporte con los módulos solares instalados deberá resistir las sobrecargas de nieve y viento de acuerdo con lo señalado en el CTE (Código Técnico de la Edificación). La construcción y diseño de la estructura de soporte deberá permitir las dilataciones térmicas indicadas por el fabricante, pero sin transferir las cargas que pudieran tener efectos nocivos afectando a la integridad de los módulos.

El número de puntos de sujeción con los que contará el módulo serán suficientes, pues ya se habrá tenido en cuenta la posición relativa y el área de apoyo, de manera que no se generen flexiones en los módulos fotovoltaicos mayores a las permitidas por el fabricante. La estructura soporte se diseñará para el ángulo de inclinación y orientación especificado para el generador fotovoltaico, considerando las condiciones de montaje y la renovación y/o sustitución de algunos elementos de la instalación en caso de que fuera necesario.

La estructura se protegerá con un galvanizado contra la acción de los agentes exteriores. Los taladros en la misma se realizarán antes de aplicar el sistema de protección correspondiente.

La tornillería será de acero inoxidable o de acero galvanizado si la estructura está realizada en este material con la excepción de los tornillos de sujeción de los módulos fotovoltaicos a la estructura, que serán de acero inoxidable. La propia estructura soporte y los topes de sujeción de los módulos fotovoltaicos no deberán hacer sombra a los módulos.

La estructura será calculada siguiendo el CTE (Código Técnico de Edificación) para soportar cargas adversas causadas por agentes climatológicos, tales como nieve, viento, etc.

### **1.3.3. Generador fotovoltaico**

El emplazamiento, inclinación y orientación del generador serán los especificados en la Memoria. De todos modos, el cálculo de la generación eléctrica esperada y su justificación en base a los datos de radiación solar incidente y reconocidos algoritmos de cálculo pertenecerán al proyecto constructivo.

### **1.3.4. Inversor**

El inversor seleccionado será apto para su conexión a la red eléctrica. Su potencia de entrada será variable con el objetivo de poder extraer la potencia máxima que el generador es capaz de proporcionar en cada momento. El inversor cuenta con las siguientes características básicas:

- Dispondrá de un seguimiento automatizado del punto de potencia máxima del generador.

- Auto conmutado
- Su principio de funcionamiento se basará en una fuente de corriente
- Incorporarán separación galvánica y vigilante de aislamiento
- No funcionarán en modo aislado o isla.

Asimismo, el inversor deberá cumplir con las directivas de Compatibilidad Electromagnética y Seguridad Eléctrica y, para ello incorporará protecciones ante:

- Sobretensiones
- Tensión y/o frecuencia de red fuera de los límites de su rango.
- Cortocircuitos en corriente alterna
- Perturbaciones en la red tales como pulsos, micro cortes, defectos de ciclos, etc.

El inversor deberá disponer de las señalizaciones necesarias para asegurar su correcta operación, así como incorporar los distintos controles automáticos que garanticen su adecuado manejo y supervisión. Incorporará, como mínimo, los siguientes controles manuales:

- Control de la desconexión y conexión del inversor al circuito de corriente alterna.
- Control general de apagado y encendido del inversor.

Sus características eléctricas se presentan a continuación:

Si la potencia es mayor de un 10% de su potencia nominal, deberá inyectar la energía generada en red.

En modo nocturno, el autoconsumo no podrá sobrepasar el 0,5% de su potencia nominal.

Podrá operar en las condiciones ambientales siguientes: entre 0 – 85% de humedad relativa y entre 0 – 40°C de temperatura.

El factor de potencia de la potencia obtenida deberá estar comprendida entre el 25% y el 100% de su potencia nominal, con un valor superior a 0,95.

Para instalaciones en lugares inaccesibles y en el interior de edificios deberán disponer de un grado IP 20 de protección mínima y para instalaciones en el exterior, IP 65.

### **1.3.5. Cableado**

Los conductores deberán estar hechos a base de cobre y disponer de la sección adecuada para prevenir calentamientos y caídas de tensión. Concretamente, los conductores de la parte de corriente alterna deberán de disponer de una sección suficiente para que la caída de tensión tenga un valor inferior al 1% y los de la parte de corriente continua para que la caída sea inferior al 0,5% en cualquier condición de trabajo y teniendo como referencia los valores de la tensión correspondientes a cajas de conexiones.

Los negativos y positivos de cada conjunto de módulos fotovoltaicos se conducirán separados y se protegerán conforme a la normativa vigente.

El cableado deberá ser de una longitud adecuada con el fin de evitar el enganche debido al tránsito de personas, así como no generar esfuerzos en los distintos elementos. El cableado entre el inversor y las cajas de conexiones de cada uno de los módulos fotovoltaicos en cada panel solar para realizar las conexiones en serie se efectuará mediante longitud adecuada y cable flexible para impedir la posibilidad de cizalladura.

Los cables empleados deberán cumplir con la normativa vigente en lo que a grado de protección y aislamiento se refiere. En particular, deben ser de clase II (doble aislamiento) y tener un aislamiento mayor de 1000 V. La totalidad del

cableado de corriente continua deberá ser de doble aislamiento y apropiado para utilización en intemperie, enterrado o al aire, conforme a la norma UNE 21123.

Los cables empleados para la interconexión de los distintos módulos fotovoltaicos en los respectivos paneles solares estarán protegidos contra posibles degradaciones a causa de intemperie: radiación ultravioleta, temperatura ambiente elevada y radiación solar. Los cables estarán identificados y etiquetados adecuadamente en base a los esquemas eléctricos.

### **1.3.6. Medidas**

En cuanto a la medida de los consumos, estas se realizarán mediante equipos independientes y propios, los cuales servirán de base para su facturación. La señalización de los contadores deberá realizarse de forma indeleble.

Será responsabilidad de la empresa distribuidora el precinto de los distintos elementos que conforman el equipo de medida. Únicamente podrá el instalador autorizado abrir los precintos si la empresa instaladora ha dado su consentimiento escrito. Sin embargo, si se diera el caso de peligro, es lícito abrir los precintos sin contar con el consentimiento previo de la empresa eléctrica, pero siendo necesario informar de manera inmediata a la empresa distribuidora.

En el momento en el que el titular de la instalación fotovoltaica se acoja al método de facturación que considera el precio horario medio final del mercado de generación de energía eléctrica, descrito en el Real Decreto 661/2007, serán de aplicación el Reglamento de Puntos de Medida de los tránsitos de energía eléctrica y consumos, y sus disposiciones de desarrollo. Además, los equipos de medida han de cumplir con todas y cada una de las especificaciones detalladas por la compañía distribuidora.

### **1.3.7. Protecciones**

El conjunto de las instalaciones deberá cumplir con lo establecido en el artículo 11 del Real Decreto 1663/2000 acerca de protecciones en instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica de baja tensión, además del esquema unifilar mostrado en la Resolución de mayo de 2001.

### **1.3.8. Puesta a tierra**

El conjunto de las instalaciones deberá cumplir con lo establecido en el artículo 12 del Real Decreto 1663/2000 acerca de las condiciones de puesta a tierra en instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica de baja tensión.

## **1.4. Condiciones de ejecución de las obras**

### **1.4.1. Replanteo de las obras**

Se deberá hacer un replanteo de las obras antes de comenzar las mismas, poniendo especial atención en los puntos singulares, especificando la situación de las arquetas y cimentaciones, distribución de los módulos, la situación de los distintos puntos de anclaje pertenecientes a la estructura soporte en la cubierta, etc de forma que, antes de empezar con las obras, se haya fijado la ubicación de la totalidad de las instalaciones.

### **1.4.2. Ejecución del trabajo**

A lo largo del desarrollo de las obras, se deberán realizar una serie de comprobaciones presentadas a continuación:

- Comprobación del alineamiento y calidad de las estructuras y soportes, arandelas y tuercas, pernos de anclaje, etc.
- Comprobación de los diversos equipos: inversores, módulos, conductores y equipos auxiliares.
- Comprobación tanto de la instalación como de la estética general.
- Verificación de nivelación, orientación, alineación y altura de los equipos considerando el lugar de emplazamiento.

Será responsabilidad del contratista asegurar la calidad en la ejecución de los trabajos conforme a los criterios reconocidos.

### **1.4.3. Estructura de fijación de los módulos fotovoltaicos**

Será responsabilidad del instalador la fijación de las estructuras de fijación de los módulos a la cubierta de la nave industrial, su instalación y cálculo.

### **1.4.4. Conexiones**

Las conexiones del conjunto de los conductores entre ellos y con los dispositivos y aparatos se deberán realizar con los conectores que dispondrán de una protección IP acorde al ambiente en el que se hallen.

Los conductores desnudos, listos para realizar una conexión deberán estar limpios y carentes de daños sobre el conductor al retirar el revestimiento del cable. De ninguna manera, será aceptado un empalme por retorcimiento usándose para ello petacas, fichas y otros dispositivos del mercado.

### **1.4.5. Protección del medio ambiente**

Además de cumplir con toda la normativa ambiental aplicable durante el proceso de instalación de los distintos equipos, se deberán, asimismo tomar medidas para gestionar correctamente los residuos generados, siendo éstas responsabilidad del contratista quien tendrá la obligación de informar al Ayuntamiento por escrito, una vez finalizado el trabajo, de todos los residuos peligrosos que se hayan generado.

Se tomarán todas las medidas preventivas precisas para el respeto y cuidado del medio ambiente y los ecosistemas circundantes a la zona de actuación (aguas, calidad del aire, suelos, fauna, flora, etc.). Si se diera el caso de la observación de daños en el agua, aire, suelo, fauna o flora, será obligatoria la restauración de aquello que se haya visto afectado.

### **1.4.6. Recepción y pruebas**

El usuario recibirá un albarán por parte del instalador en el cual conste el suministro de manuales de mantenimiento y uso de la instalación, materiales y componentes. Este documento deberá ser firmado por ambas partes y por duplicado, pues cada uno conservará un ejemplar. Los manuales estarán en castellano.

El instalador deberá realizar, como mínimo, las siguientes pruebas:

- Puesta en marcha y funcionamiento del sistema.
- Prueba de las medidas de seguridad y protecciones del sistema.

Una vez finalizada la puesta en marcha y las pruebas se pasará a la etapa de la Recepción Provisional de la Instalación. No se podrá firmar el Acta de Recepción Provisional hasta haber constatado que el sistema ha funcionado adecuadamente durante de 240 horas seguidas como mínimo, sin paradas o interrupciones

provocadas por fallos del sistema suministrado. Asimismo, se deberán cumplir los requisitos siguientes:

- Entrega de toda la documentación correspondiente.
- Limpieza de la zona, incluido el transporte de los desechos al vertedero.
- Retirada de todo el material sobrante de obra.

Mientras dure este período, será responsabilidad del suministrador la operación del sistema, siendo su responsabilidad la instrucción del usuario.

## **1.5. Mantenimiento**

### **1.5.1. Contrato de mantenimiento: requerimientos técnicos**

Se elaborará un contrato de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo de tres años como mínimo. Un personal técnico cualificado será el encargado de realizarlo bajo la responsabilidad y supervisión de la empresa instaladora. Todas las operaciones de mantenimiento que se lleven a cabo deberán ser registradas en un libro de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo conllevará una revisión anual, como mínimo, y comprenderá las labores de mantenimiento de todos los equipos de la instalación aconsejados por los distintos fabricantes.

El Plan de mantenimiento preventivo incluirá los siguientes aspectos como mínimo:

- Verificación del funcionamiento del conjunto de los equipos y componentes.
- Revisión de las conexiones, cableado, terminales, pletinas, etc.

- Comprobación de las condiciones de los módulos: presencia de daños que afecten a las protecciones y la seguridad, limpieza y estado respecto al proyecto original.
- Inversores: estado de alarmas e indicadores.
- Estructura de soporte: oxidación, deterioro por efecto de los agentes ambientales, revisión de deterioros en la estructura.
- Verificación de protecciones y elementos de seguridad: fusibles, actuación de los interruptores de seguridad, tomas de tierra, etc.
- Caídas de tensión en los cables de corriente continua.

El plan correctivo deberá incluir todas aquellas acciones de sustitución precisas para garantizar el funcionamiento correcto del sistema a lo largo de su vida útil, entre las que se encuentran:

- Análisis y presupuesto de las reposiciones y trabajos necesarios para asegurar el buen funcionamiento de la instalación.
- Los costes del mantenimiento correctivo forman parte del precio pagado anualmente del contrato de mantenimiento, siempre y cuando estén dentro del alcance indicado. Las reposiciones de elementos necesarios si se sobrepasa el período de garantía y la mano de obra podrán no estar incluidas.
- Visita a la instalación por avería grave en caso de que el usuario lo solicite, en un plazo máximo de una semana en el supuesto de que el fallo no afecte al funcionamiento de la instalación y 48 horas si la misma no funciona.

### **1.5.2. Mantenimiento a realizar por el propietario**

Es recomendable que el propietario de la instalación realice, como mínimo, las siguientes acciones de mantenimiento preventivo:

Supervisión general de que todo funciona correctamente.

- Limpieza: eliminación de ramas, suciedad, hierbas u objetos que generen sombras sobre los módulos fotovoltaicos.
- Control de las medidas: la verificación regular de las cifras de electricidad obtenida permitirá detectar disminuciones imprevistas de los niveles habituales de producción, lo que podría ser síntoma de un funcionamiento inadecuado.
- Verificación visual de la instalación fotovoltaica: comprobación de la existencia de problemas en el aflojamiento de tornillos, las fijaciones de la estructura sobre la cubierta de la nave industrial, oxidación de determinadas zonas, etc.

## **1.6. Garantías**

La totalidad de los equipos suministrados y la instalación en sí tendrán una garantía mínima de tres años, estando protegidos de esta forma frente a defectos en la instalación, fabricación o elección de componentes salvo para los módulos fotovoltaicos cuya garantía será como mínimo de 8 años desde que se firma el Acta de Recepción Provisional. Sin embargo, una vez vencida la garantía, el instalador será el encargado de reparar los fallos de funcionamiento que se puedan generar si se considerara que el origen de los mismos es debido a defectos ocultos de construcción, montaje, materiales o diseño, comprometiéndose a subsanarlos sin ningún tipo de cargo adicional, siempre ateniéndose a lo decretado en la legislación vigente actual referente a vicios ocultos.

La instalación fotovoltaica será reparada siguiendo estas condiciones generales y sin perjuicio de la correspondiente reclamación a terceros si ha sufrido un desperfecto provocado por un defecto de montaje, siempre y cuando los distintos componentes se hayan manipulado adecuadamente siguiendo las instrucciones del manual proporcionado.

### **1.6.1. Plazos**

El suministrador garantizará los módulos fotovoltaicos durante un período de 8 años y el resto de la instalación, para sus diferentes materiales empleados y montaje durante 3 años como mínimo. Si se tuviera que interrumpir la explotación de la instalación a causa del suministrador o se tuvieran que realizar reparaciones para cumplir con las cláusulas de la garantía, el plazo de las mismas se deberá prolongar por el tiempo que duren dichas interrupciones.

### **1.6.2. Condiciones económicas**

La garantía comprende tanto la mano de obra, como la reposición o reparación de las piezas o componentes defectuosos. Los gastos que quedan incluidos son los siguientes:

- Materiales y mano de obra necesaria para efectuar los eventuales reglajes y ajustes del funcionamiento del sistema.
- Amortización de herramientas y vehículos, medios de transporte, tiempos de desplazamiento, devolución de elementos para su reparación en los talleres del fabricante y disponibilidad de otros medios.

Si el suministrador incumpliese, en un plazo razonable, las obligaciones especificadas en la garantía, el comprador de la instalación podrá fijar por escrito una fecha final para que el suministrador cumpla con sus obligaciones. Si este último no cumple con sus obligaciones, el comprador podrá contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones o hacerlas él mismo por cuenta del suministrador.

### **1.6.3. Anulación de la garantía**

Será lícita la anulación de la garantía en el caso en el que la instalación haya sido modificada, desmontada o reparada por servicios técnicos no autorizados por el suministrador o personas ajenas al mismo, exceptuando el caso en el que el suministrador no haya cumplido con sus obligaciones.

### **1.6.4. Tiempo y lugar de la prestación**

El suministrador deberá atender el aviso en un plazo máximo de una semana en caso de que el fallo no afectara al funcionamiento normal de la instalación y 48 horas si la instalación no funcionara.

Las averías se repararán en su lugar de emplazamiento por el suministrador. Si éstas no pudieran ser reparadas en el lugar de ubicación, el componente deberá ser mandado al taller designado por el fabricante y correrá a cargo del suministrador.

Las reposiciones o reparaciones de piezas las realizará el suministrador de la manera más breve posible una vez haya recibido la notificación de avería. Sin embargo, los perjuicios provocados por la demora en las reparaciones no serán su responsabilidad siempre y cuando dicha demora sea inferior a 15 días.

## **ANEXO II**

### **2. Estudio de seguridad y salud**

#### **2.1. Memoria**

El presente documento comprende el Estudio de Seguridad y Salud para la conexión de una instalación fotovoltaica de autoconsumo, ubicada en una nave industrial en la Comunidad de Madrid.

#### **2.2. Normativa**

El RD 1627/1997 contiene las disposiciones mínimas de salud y seguridad en las obras de construcción. En éste se recoge además del nuevo Estudio de Seguridad y Salud, el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y el Estudio Básico de Seguridad.

El artículo 17 de este Real decreto establece la obligatoriedad de incluir este estudio en el proyecto de obra para poderlo visar, así como para expedir la licencia municipal pertinente y cualquier otro trámite que se solicitara por parte de las distintas Administraciones públicas.

Es obligatorio la realización del Estudio de Seguridad y Salud en cuatro supuestos:

- Que el presupuesto de ejecución por parte de la constructora igual o superior a 451.000 euros.
- Que la obra dure más de 30 días laborables y haya más de 20 trabajadores a la vez en la obra
- Que la suma de los días trabajados del total de los trabajadores sea mayor a 500.
- Obras de galerías, presas, túneles y conducciones subterráneas.

En los demás casos habrá que presentar un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

## **2.3. Características de la instalación**

### **Descripción de la situación y la instalación**

La obra de este estudio son los montajes, obras e instalaciones eléctricas asociadas a la instalación de un conjunto de paneles solares fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica.

### **Descripción de los procesos**

Los procesos a llevar a cabo son los siguientes:

- Montaje de sistemas para preservar la seguridad tanto de las personas como de las cosas.
- Montaje de la estructura de soporte sobre la cubierta de la nave industrial.
- Montaje de los paneles solares fotovoltaicos.
- Conexiones de la toma de tierra.
- Tendido del cableado de control y potencia.
- Tendido de líneas de corriente alterna y continua e instalación de inversores.
- Puesta en marcha y pruebas.
- Instalación del cuadro de protección, contadores y medida.

## **2.4. Definición de los riesgos**

A continuación, se analizan los riesgos asociados a la manipulación de instalaciones, herramientas eléctricas o maquinaria, a los derivados de la utilización de los medios auxiliares y maquinaria, así como los inherentes a las acciones de ejecución previstas.

### **Riesgos generales**

Son aquellos que afectan a todas aquellas personas que trabajen en el conjunto de las actividades objeto de este plan, al margen de la actividad específica que realicen. Entre ellos están:

- Caída de componentes de la instalación u objetos sobre personas.
- Caída de personas, ya sea al mismo o distinto nivel (desde plataformas, por un hueco, etc)
- Propulsión de partículas a los ojos, al soldar, por ejemplo.
- Heridas causadas en pies o manos por manejar materiales, así como por objetos cortantes o punzantes.
- Cortes y golpes contra objetos y por el manejo de herramientas.
- Sobreesfuerzos
- Atrapamiento entre objetos o por vuelco de máquinas.
- Quemaduras
- Descargas eléctricas
- Golpes o atropellos por vehículos en movimiento
- Ruido, polvo, etc

### **Riesgos específicos**

Son aquellos que afectan sólo a los trabajadores que realizan determinadas actividades. Estas personas están expuestas por tanto a los riesgos generales y a los específicos de su tarea.

En consecuencia, a continuación, se analizan las tareas más significativas:

#### ***Transporte de equipos y materiales durante el desarrollo de la obra***

En esta actividad, pueden darse los siguientes riesgos específicos adicionales a los generales:

- Vuelcos.
- Atropellos de personas.
- Caída y desprendimiento de una parte o del total de la carga por estar mal sujeta o ser excesiva.
- Golpes contra secciones salientes de la carga.
- Golpes de la carga contra instalaciones.

- Choques contra máquinas u otros vehículos.

### ***Pintura y albañilería***

En esta actividad, pueden darse los siguientes riesgos específicos adicionales a los generales:

- Intoxicación por inhalar vapores tóxicos.
- Salpicaduras de productos irritantes, sobre todo a los ojos.
- Incendios de gases combustibles.
- Incremento de la probabilidad de caídas de personas, materiales o altura, debido a la movilidad continua del trabajo.

### ***Trabajos de ferralla***

En esta actividad, pueden darse los siguientes riesgos específicos adicionales a los generales:

- Caída de barras, así como heridas y cortes al manejarlas.
- Roturas de barras durante el estirado o doblado.
- Atrapamiento en la colocación de las barras o durante las labores de carga y descarga de las mismas.
- Caídas al mismo nivel, tropiezos y torceduras de pies al andar sobre las armaduras.

### ***Montajes electromecánicos de accesorios y equipos***

En esta labor, pueden darse los siguientes riesgos específicos adicionales a los generales:

- Caída de personas desde estructuras, escaleras o tuberías.
- Incendios o explosiones por la utilización de gases en las labores con soplete.
- Caída de materiales.

### ***Riesgos derivados por la utilización de medios auxiliares y máquinas***

En cuadros eléctricos, herramientas y máquinas fijas los riesgos más destacados son:

- Lesiones por malas condiciones o uso inadecuado de máquinas de corte o giratorias.
- Cortes por manipulación de elementos residuales.
- Proyecciones de partículas.
- Accidentes debido a labores en equipos con tensión eléctrica.

### ***Medios de elevación***

Los riesgos específicos son:

- Rotura del gancho, cable, estrobo o cualquier otro medio de elevación.
- Caída de la carga
- Aplastamientos y golpes por la ausencia de control en los movimientos de la carga.
- Caída de personas durante los trabajos de movimiento de cargas.
- Vuelco de la grúa.
- Fallo de componentes eléctricos o mecánicos.
- Exceso de carga que provoca el vuelco o rotura de correspondiente medio.

### ***Medios de transporte***

En los medios de transporte, entendiendo por ellos a los medios de transporte interno de materiales, los riesgos específicos se refieren a cualquier accidente que se pudiera producir por fallo de frenos, fallo de dirección, etc

### ***Escaleras, plataformas y andamios***

Los riesgos específicos más comunes son:

- Caídas de personas a diferente nivel

- Caídas de herramientas o materiales desde el andamio.
- Vuelcos de andamios.
- Vuelcos de escaleras o deslizamiento de las mismas.
- Derrumbamiento de andamios.

### ***Equipos de corte y soldadura***

- Quemaduras.
- Proyecciones incandescentes.
- Incendios.
- Explosiones.

## **2.5. Medidas de prevención y protección**

### **De carácter general y colectivas**

- Colocación de líneas de vida para cada uno de los dientes de la nave.
- Plataformas de trabajo.
- Escaleras de mano.
- Colocación de redes en toda la nave para evitar la caída de personas.
- Andamios metálicos.

El montaje de los distintos aparatos eléctricos lo deberá realizar siempre el personal especializado correspondiente.

Para poder conectar los conductores en los cuadros provisionales instalados de obra, se deberá disponer de enchufes macho-hembra.

Las herramientas que posean el aislamiento defectuoso deberán ser retiradas y sustituidas por otras que se encuentren en buen estado.

Las escaleras de mano deberán ser del tipo tijera, con cadena que limita la abertura y zapatillas antideslizantes.

Queda totalmente prohibido la construcción de andamios mediando el empleo de escaleras de mano.

Asimismo, no se podrá hacer uso de los andamios y escaleras de mano en aquellos lugares con una altura considerable donde exista riesgo de caídas, a no ser que se hayan instalado protecciones de seguridad o redes.

Todos los trabajadores de la obra deberán ser notificados por escrito de las pruebas de funcionamiento que se llevarán a cabo en la instalación eléctrica antes de que empiecen las mismas con el fin de evitar los accidentes que se puedan dar. Antes de realizar la conexión de la instalación, es preciso que se haga una revisión de las conexiones de protecciones, uniones y mecanismos de todos los aparatos y cuadros eléctricos. Antes de realizar la anterior operación es preciso que se compruebe la existencia en las salas de las perchas de maniobra, del taburete, del centro de transformación, botiquín, carteles avisadores y extintores. Los trabajadores deberán llevar equipos para su protección personal.

### **Medidas preventivas personales**

Se indican, a continuación, la indumentaria necesaria para la protección personal:

- Casco hecho a base de polietileno y homologado.
- Botas de seguridad.
- Botas aislantes.
- Ropa adecuada al trabajo.
- Guantes aislantes.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes

## **2.6. Pliego de condiciones**

### **2.6.1. Disposiciones legales**

Las disposiciones dentro de las reglamentaciones siguientes serán de obligado cumplimiento:

“Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo” (O.M.9.3.71) (B.O.E.16.3.71).

“Comités de Seguridad e Higiene en el trabajo” (Decreto 432/71 11.3.71) (B.O.E.16.3.71).

“Reglamento de los servicios Médicos de Empresa” (O.M.21.11.59) (B.O.E.27.11.59).

“Homologación de los medios de protección personal de los trabajadores” (P.M.17.5.74) (B.O.E.29.5.74).

“Reglamento de aparatos elevadores para obras” (O.M.23.5.77) (B.O.E 14.6.77).

“Obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en los proyectos de edificación, en el trabajo y obras públicas” (Real Decreto 555/1986, 21.2.86) (B.O.E.21.3.86).

“Reglamento de Alta Tensión” (R.D.3275/1982,1.12.1982).

“Estatuto de los trabajadores.”

“Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo” (O.M.9.3.71) (B.O.E.11.3.71)

“Reglamento de Seguridad e Higiene en la industria de la construcción” (O.M.20.5.52) (B.O.E.15.6.52).

“Ordenanza de Trabajo de Cerámica, Vidrio y de la Construcción” (O.M.28.8.70) (B.O.E. 5/7/8/9/9.70))

“Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión” (O.M. 20.9.73) (B.O.E. 9.10.73).

“Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.”

“Ley de prevención de riesgos laborales” (LEY 31/1995,8.11.95).

## **2.7. Condiciones para los métodos de protección**

Todos los elementos de protección, tanto colectiva como personal, tendrán una duración determinada, es decir, un periodo de vida útil, tras el cual se deberán sustituir por otros.

Si se diese el caso de que el elemento se deteriora antes de lo previsto debido a las circunstancias del trabajo, éste deberá ser desecho y sustituido inmediatamente por otro.

Se sustituirán los equipos y piezas que a causa de su utilización se hayan deformado.

La utilización de una pieza de protección no representa un riesgo.

## **2.8. Protecciones personales**

Seguidamente, se detallará la vestimenta de protección personal más frecuente:

### **Casco**

Es de uso permanente y obligado dentro de la obra. Asimismo, ha de ser homologado y poseer las siguientes características:

- Peso: no debe ser superior a 450 gramos.
- Clase N: es utilizable en trabajos que tengan un riesgo eléctrico, pero con tensiones iguales o inferiores a 1000 V.

Los cascos, o bien tengan más de diez años, aunque no hayan sido usados, o hayan sufrido golpes violetos deben ser sustituidos por otros nuevos.

En casos límites, los podrán usar numerosos trabajadores siempre y cuando se sustituyan las partes interiores que están en contacto con la cabeza.

### **Botas**

Debido al riesgo de accidentes a los que están expuestos los trabajadores involucrados en la construcción y de la posibilidad que existe de perforación de las suelas de los zapatos por clavos, es necesario y obligado la utilización de calzado de seguridad el cual ha de ser homologado y poseer las siguientes características:

- Peso: no debe ser superior a 800 gramos.
- Clase III: con puntera y plantilla.

Si el lugar de trabajo engloba tierras húmedas con la posibilidad de recibir salpicaduras de mortero o agua, las botas deberán ser de goma.

### **Guantes**

Con el fin de evitar daños en las manos por cortes, picaduras, arañazos, etc se emplearán guantes. Pueden estar hechos a base de distintos materiales tales como:

- Cuero: trabajos en general.
- Algodón punto: labores ligeras.
- Lona: manejo de maderas.
- Malla metálica: trabajos con chapas cortantes.

En aquellas labores en las que pueda existir riesgo de electrocución o agresiones químicas, los guantes deben estar homologados.

### **Cinturones de seguridad**

En aquellas tareas en las que se requiera trabajar en un lugar alto y con riesgo

de caídas, es necesaria la utilización de cinturones de seguridad homologados, cuyas principales características son:

- Clase A: cinturón de sujeción. Se empleará cuando el operario tenga un desplazamiento limitado o no tenga que desplazarse en absoluto. El componente de enganche deberá estar tirante para evitar la caída libre.
- Clase B: cinturón de suspensión. Se usará cuando existe la posibilidad de que el operario se pueda quedar suspendido, pero únicamente con esfuerzo estáticos. La caída libre no es una posibilidad.
- Clase C: cinturón de caída. Se empleará cuando el operario pueda desplazarse y haya la posibilidad de sufrir caída libre. Se ha de prestar especial atención a su resistencia y seguridad del punto de anclaje.

### **Dispositivos contra caídas**

Si las operaciones de los trabajadores requieren tareas de descenso y elevación, se deberán emplear dispositivos contra caídas:

- Clase A: las tareas del trabajador involucran descensos y ascensos, por lo que precisa libertad de movimiento.
- Clase B: se empleará para operaciones en las que sea necesaria una evacuación rápida de los trabajadores o de descenso.
- Clase C: para labores de corta duración y se reemplazan andamios.

### **Protectores auditivos**

En aquellos lugares de trabajo en los que los trabajadores estén expuestos a ruidos superiores a los 80 dB, es preciso el empleo de protectores auditivos, los cuales están homologados y son de utilización individual. Pueden ser: cascos contra el ruido, orejeras o tapones.

### **Protectores de la vista**

En aquellas zonas de trabajo donde los trabajadores estén expuestos a la

posibilidad de que se proyecten partículas, humo y polvo, deslumbramientos o radiaciones peligrosas, o salpicaduras de líquidos, se deberán proteger la vista con pantallas o gafas de seguridad. Los protectores de la vista deben estar homologados.

Las pantallas deben estar hechas a base de un material orgánico, libre de estrías, deformaciones o rayas y ser transparente.

Las gafas protectoras deberán disponer de un doble cristal, retráctil y oscuro para evitar que las partículas no las piquen o rallen.

### **Protectores de las vías respiratorias**

En este sector se considera frecuente la inhalación de polvo en los trabajos de corte con disco de prefabricados de hormigón o de piezas cerámicas. Por ello, es necesario proteger las vías respiratorias de los operarios dedicados a esta labor mediante caretas con filtro mecánico homologadas.

### **Ropa de trabajo**

La ropa de trabajo será facilitada gratuitamente a los trabajadores por la empresa. Ésta será de un tejido flexible y ligero, fáciles de limpiar, sin elementos adiciones y ajustada al cuerpo.

### **Barandillas**

Se deben colocar barandillas alrededor del perímetro donde haya posibilidad de caídas por parte de los mecánicos e instaladores eléctricos. Su altura será de 90 cm y dispondrán de una barra de rodapiés intermedia.

Estarán dimensionadas y ancladas para asegurar la retención de personas, sin fractura ni deformación permanente.

### **Plataformas de trabajo**

- Materiales: normalmente de madera, excepto cuando haya peligro de combustión.

- Variedades: castillos de hormigón, plataformas móviles, andamios de capitel, etc.
- Utilización prácticamente a lo largo de la realización de la obra de cerramientos interiores y exteriores reculados, instalaciones y fase de acabados, estructuras, etc.
- Los castillos pueden ser metálicos o de madera. Los primeros resultan más manejables que los segundos. Los sistemas de fijación son siempre metálicas mientras que las plataformas voladas pueden ser metálicas o de madera.

Las condiciones constructivas se describen a continuación:

- Utilización prácticamente a lo largo de la realización de la obra de cerramientos interiores y exteriores reculados, instalaciones y fase de acabados, estructuras, etc.
- Los pasillos y pisos de las plataformas serán antideslizantes, disponiendo de un sistema de drenaje para erradicar los productos resbaladizos y se mantendrán libres de obstáculos.
- Si se trabaja sobre plataformas móviles, se usarán equipos de seguridad para evitar caídas o desplazamientos.
- Las plataformas móviles o fijas estarán construidas con materiales sólidos, su resistencia y estructura serán proporcionales a los esfuerzos móviles o fijos que han de soportar.
- Aquellas plataformas situadas a más de 2 m (metros) de altura donde exista el riesgo de caídas deberán protegerse con zócalos y barandillas en su alrededor.

### **Puntos de anclaje y cableado de fijación de los cinturones de seguridad**

Deben poseer una resistencia suficiente para soportar los esfuerzos que puedan recibir.

### **Escaleras de mano**

Se distinguen los siguientes tipos:

- Reforzadas: si la altura a superar no es mayor de 7 metros.
- Sencilla: si la altura a superar no es mayor de 5 metros
- De tijera: empleada en trabajos puntuales.
- Extensible: no usadas en construcción.

En cuanto a los materiales en los que están construidas se encuentran:

- Aluminio: son manejables y ligeras.
- Maderas: las más recomendadas en el sector de la construcción.
- Hierro: no se pueden usar en trabajos con corriente eléctrica, utilizándose únicamente para desplazamientos.

Sus condiciones constructivas se describen a continuación:

- Si los montantes están contruidos a base de madera, deberán ser de una única pieza. Sus escalones no podrán estar solamente enclavados, sino que deberán estar encajados correctamente.
- No está permitido empalmar escaleras, a excepción de las extensibles.
- Poseerán las garantías necesarias en lo que se refiere a seguridad, estabilidad, solidez, incombustión y aislamiento.
- No se podrán pintar con pintura, sino únicamente con barniz para evitar que queden escondidos los defectos que puedan tener.
- Deben disponer de grapas, tacones y otros elementos antideslizantes en su base o de ganchos de sujeción en la sección superior.

### **Herramientas portátiles**

En función de la fuente de la fuente de alimentación, se distinguen cuatro tipos:

#### ***Neumáticas: Actúan por percusión o impacto***

Análisis de los riesgos:

- Vibraciones
- Cortes, golpes y perforación en general

- Proyección de partículas
- Estrés sonoro
- Impacto por rotura de manguera

Medidas preventivas:

- Instalar válvulas de seguridad con el objetivo de evitar, en caso de que se rompa la manguera, un latigazo.
- Si el nivel de ruido es superior a 80 dB, será obligado el uso de protectores de orejas.
- Con el fin de evitar impactos en los pies, se usará calzado de seguridad.
- En todas las tareas realizadas con estas herramientas se deben utilizar guantes de cuero.
- Comprobar el estado de las mangueras de alimentación de aire y sustituir las que estén con fisuras o resquebrajadas o se hayan deteriorado perdiendo elasticidad.
- Ninguna parte del cuerpo se deberá poner en el trayecto que recorren las pistolas clavadoras o en el lado donde se opera.
- Si se opera con martillos picadores se usarán anti vibratorios.
- En el lugar de trabajo el personal deberá usar gafas de seguridad y si hay emanaciones de polvo, caretas.

***Eléctricas: pueden ser de corte, de abrasión o actuar por calentamiento***

Análisis de los riesgos:

- Erosiones y cortes
- Contacto eléctrico indirecto y directo
- Quemaduras
- Cortes o golpes por rebotes de las herramientas
- Enganches
- Existencia de polvo en el ambiente
- Proyección de partículas

Medidas preventivas:

- Dispondrán de sistemas de seguridad tales como toma de conexión a tierra de las masas, separación de circuitos, uso con transformador de seguridad o doble aislamientos.
- Estas herramientas deberán ser usadas con cuidado, en especial las herramientas de abrasión, pues su alta velocidad de rotación puede causar graves accidentes como el corte de partes del cuerpo del trabajador.
- Se llevarán caretas si existe la posibilidad de emisión de polvo.
- El cableado de alimentación deberá disponer de aislamientos que se encuentren en buen estado.
- La ropa que llevarán los trabajadores deberá ser ajustada y no podrán llevarse cadenas, anillos ni cualquier otro elemento con el que sea posible engancharse.
- No se deberán tocar discos, brocas, etc. justo después de su uso porque estarán a temperaturas muy elevadas. En el caso de los soldadores, éstos se deberán colocar una vez desconectados en un soporte especial para prevenir las quemaduras.
- Las herramientas utilizadas para trabajar deberán ser empleadas con cuidado para evitar accidentes.

### ***Manuales***

Las más comunes son:

- De percusión: tal como el martillo
- De cortes: cizallas y sierras.
- Punzantes: tal como la escarpa.
- Otras: pata de cabra, destornillador, etc.

Análisis de riesgos:

- Proyección de partículas

- Pinchazos, cortes y golpes.

Medidas preventivas:

- Conocimiento y utilización adecuada por los trabajadores que las empleen.
- Control frecuente de su estado.
- Conservación en buen estado de las mangueras, herramientas, etc.
- Conservación y limpieza de las herramientas, tanto en el trabajo como en el almacén.
- Utilización de la vestimenta adecuada para la protección personal.

***Portátiles de combustión: se corresponden con los sopletes***

Análisis de riesgos:

- Incendios
- Quemaduras

Medidas preventivas:

- Asegurarse de que el soplete está fijado correctamente al depósito de combustible y en buen estado.
- Regular la presión del quemador con el fin de evitar que la llama sea muy larga.
- Ventilar adecuadamente los locales cerrados
- Utilización por parte de los trabajadores de guantes de cuero para manipular estas herramientas.
- Controlar y asegurar el buen estado de la manguera.
- Trabajar lo más lejos posibles de materiales combustibles.
- Usar pantallas o gafas de protección.

### **Pistola clavadora**

Se trata de un tipo de herramienta portátil pero sus precauciones han de ser extremadas por ser considerada como un arma de fuego.

Análisis de riesgos:

- Heridas por: perforaciones, proyecciones o rebotes.

Medidas preventivas:

- Utilizar una campana protectora.
- Utilizar la carga adecuada e indicada por el fabricante.
- Queda terminantemente prohibido clavar en: superficies curvadas, esquinas, materiales muy frágiles, muy duros, elásticos o fácilmente perforables.

Su uso conlleva:

- Mientras la tiene un trabajador en la mano, no tenerla cargada.
- No efectuar nunca el disparo de lado, sino desde detrás de la herramienta.
- Utilizar siempre gafas de seguridad y casco.
- Nunca apuntar a alguien.
- Transportarla boca abajo y descargada. Conservar adecuadamente la herramienta.

### **Extintores**

Deben ser de polvo seco polivalente, de 10 y 5 kg.

## **2.9. Servicios de prevención**

Servicio técnico de salud y seguridad: el instalador dispondrá de un servicio de asesoramiento para los asuntos de salud y seguridad.

Servicio médico: el instalador dispondrá, asimismo de un servicio médico de empresa compartido o propio.

### **2.9.1. Instalaciones médicas**

El botiquín será revisado mensualmente, debiéndose reponer el material gastado.

## **2.10. Puesta en práctica, control y seguimiento**

A lo largo de la obra, el coordinador encargado de la materia de salud y seguridad deberá realizar la puesta en práctica, el control y el seguimiento siguiendo las indicaciones del coordinador encargado de los elementos de salud y seguridad durante el proyecto y de forma integrada con la dirección de obra y ejecución.

Será necesario realizar un manual estandarizado en el que se detallen todas las normas de seguridad a llevar a cabo para la realización de las diferentes tareas. Además, se deberá realizar un seguimiento de las mismas para garantizar que dichas normas se están cumpliendo.

El responsable de cada tarea deberá completar unos panfletos en los que asegure mediante su firma que las normas de seguridad se están siguiendo.

También se crearán unos cursos para educar y concienciar al personal de la obra en materia de salud y de seguridad. En ellos se expondrán las distintas metodologías de trabajo y los riesgos asociadas a las mismas, así como las medidas de seguridad que se deben adoptar para evitarlos.

Asimismo, se impartirá un curso de primeros auxilios y socorrismo.

Por último, cabe destacar que, para poder llevar a cabo estas normas de seguridad de manera exitosa, es preciso una buena organización, una clara descripción de todas las labores a realizar y un control absoluto de todas las tareas, fomentando la instrucción y cooperación de todo el personal involucrado en este proyecto.



## **ANEXO III**

### **3. Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)**

En este trabajo fin de máster se trata la instalación de placas solares en una nave industrial. La energía eléctrica es una necesidad primaria y en el sector industrial en especial representa un factor fundamental. En este trabajo se genera energía a través de recursos renovables, se pretende disminuir la explotación de recursos no renovables que trae efectos nocivos para el calentamiento global.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU nacen el 25 de septiembre de 2015 con el fin de adoptar unos objetivos globales para que garanticen la prosperidad del planeta, protejan el planeta y pongan fin a la pobreza. En los próximos 15 años deben alcanzarse las metas específicas para cada objetivo.

En este trabajo, los tres objetivos principales que se pretenden alcanzar son:

7 – Energía asequible y no contaminante.

9 – Industria, Innovación e Infraestructura.

13 – Acción por el clima.

#### **Energía asequible y no contaminante**

La energía renovable se está volviendo cada vez más disponible y es a su vez más sostenible. La energía solar ha logrado muy buenos resultados en el sector eléctrico, su eficiencia energética ha mejorado a lo largo de los años. Este caso trata de autoabastecer una nave industrial con paneles solares, una forma mucho más limpia de obtener energía que las que se usaban anteriormente en el sector industrial.



*Imagen 32: Energía asequible y no contaminante (ODS)*

### **Industria, Innovación e Infraestructura**

Se quiere lograr que la industria sea más sostenible e inclusiva, así como la innovación y la infraestructura. En este caso se pretende un uso eficiente de los recursos en el sector industrial, introduciendo las placas solares como medio de obtención de energía. La innovación en el campo de la energía solar ha permitido que se pueda autoabastecer una nave industrial. La innovación en nuevas formas de energía renovable y desarrollo de las existentes no cesa de crecer en la industria, cada vez las industrias promueven más el desarrollo de nuevas tecnologías que sean más sostenibles que las ya existentes.



*Imagen 33: Industria, Innovación e Infraestructura (ODS)*

## **Acción por el clima**

Los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera han aumentado llegando a su récord en 2019. El cambio climático no va a parar, seguirá aumentando y hay que tomar medidas, en este trabajo se propone una solución para disminuir la explotación de recursos no renovables que trae efectos nocivos para el calentamiento global.



*Imagen 34: Acción por el clima (ODS)*



## **ANEXO IV**

**4. Ficha técnica de los paneles solares**

**5. Ficha técnica del inversor**



**ptimum**  
*nueva gama*



Módulo solar (72 células 6") Mono PERC  
**A-xxxM GS** (380/385/390/395/400 W)

- ➔ **Optimice sus instalaciones.**
- ➔ **Alta eficiencia** del módulo y potencia de salida estable, basado en una tecnología de proceso innovadora.
- ➔ **Funcionamiento eléctrico excepcional** en condiciones de alta temperatura o baja irradiación.
- ➔ Facilidad de instalación gracias a un **diseño de ingeniería innovador.**
- ➔ **Riguroso control de calidad** que cumple con los más altos estándares internacionales.
- ➔ **Garantía, 10 años** contra defectos de fabricación y **25 años** en rendimiento (80% potencia de salida).



**A-xxxM GS (ES)** (xxx = potencia nominal)

Características eléctricas	A-380M GS	A-385M GS	A-390M GS	A-395M GS	A-400M GS
Potencia Máxima (Pmax)	380 W	385 W	390 W	395 W	400 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	40.50 V	40.80 V	41.10 V	41.40 V	41.70 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	9.39 A	9.44 A	9.49 A	9.55 A	9.60 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	48.90 V	49.10 V	49.30 V	49.50 V	49.80 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	9.75 A	9.92 A	10.12 A	10.23 A	10.36 A
Eficiencia del Módulo (%)	19.16	19.42	19.67	19.92	20.17
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5				
Máxima Serie de Fusibles (A)	15				
Máxima Tensión del Sistema (IEC)	DC 1000 V				
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45±2				

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C. Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp). Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

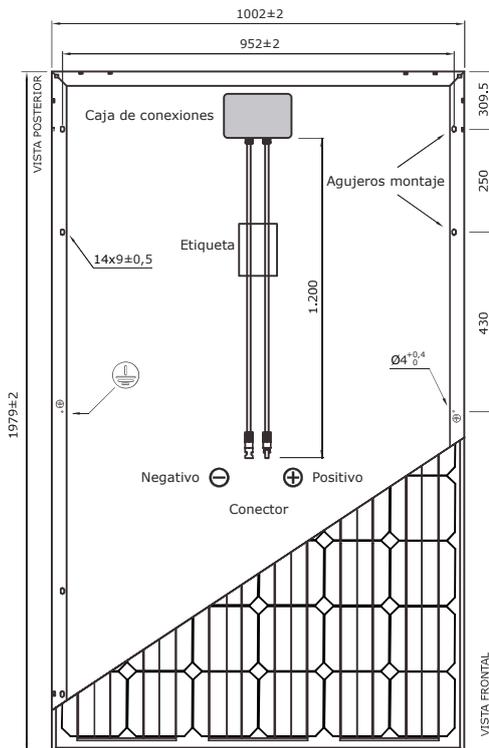
**Especificaciones mecánicas**

Dimensiones (± 2 mm.)	1979x1002x40 mm.
Peso (± 5 %)	22.5 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	2400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa

**Materiales de construcción**

Cubierta frontal (material/tipo/espesor) (*)	Cristal templado alta transmisión/bajo nivel hierro/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	72 pzas (6x12)/Mono PERC/158.75 x 158.75 mm
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado /plata
Caja de conexiones (grado de protección)	IP67/3 diodos
Cable (longitud/seción) / Conector	1.200 mm. /4 mm <sup>2</sup> /MC4 compatible/IP67

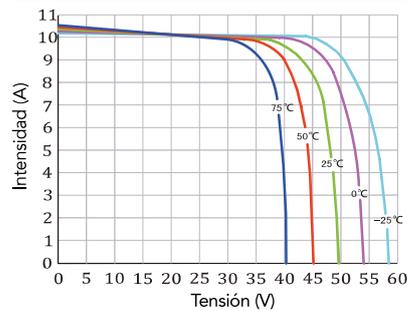
(\*) Con capa anti-reflectante

**Vista genérica construcción módulo**

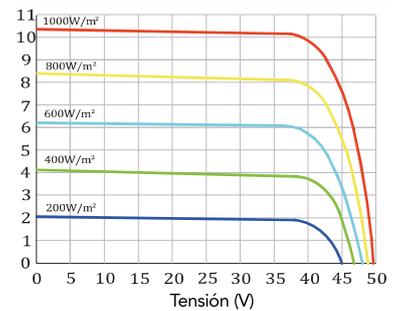
NOTA: El dibujo no está a escala.

**Características de temperatura**

Coef. Temp. de Isc (TK Isc)	0.048% /°C
Coef. Temp. de Voc (TK Voc)	-0.28% /°C
Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.37% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 to +85 °C

**Temperatura Varía (A-400M GS)****Embalaje**

Módulos/palé	27 pzas
Palés/contenedor 40' HQ	22 palés
Módulos/contenedor 40' HQ	594 pzas
Palés/contenedor 20'	8 palés
Módulos/contenedor 20'	216 pzas

**Irradiación Varía (A-360M GS)**

NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

➔ [www.atersa.com](http://www.atersa.com) • [atersa@elecnor.com](mailto:atersa@elecnor.com)  
Madrid (España) +34 915 178 452 • Valencia (España) +34 961 038 430

Revisado: 16/12/19  
Ref.: MU-6M 6x12 GS (ES)(3)-B  
© Atersa SL, 2016



IEC 61215  
IEC 61730



**Efficient**

- > Maximum efficiency of 98 %
- > Highest yields through OptiTrac and OptiCool

**Safe**

- > Compatible with the BDEW guidelines
- > Integrated ESS DC load-disconnecting unit
- > Electronic String Fuse and String Failure Detection
- > String Current Monitoring

**Flexible**

- > DC Surge Protection Device (type II) can be integrated
- > DC input voltage of up to 1000 V
- > Flexible system design using two separate step-up converters

**Simple**

- > Three-phase feed-in
- > Cable connection without tools
- > Innovative DC plug system
- > Convenient wiring compartment
- > Bluetooth® Communication



# SUNNY TRIPOWER

With three phases for simple system planning

In a class of its own: packed with state-of-the-art technology, the Sunny Tripower makes for easy installation, high yield, and secure grid support. Thanks to its multi-string technology and the widest input voltage range, the three-phase inverter is suitable for every imaginable module configuration. In addition, it is highly flexible in terms of the plant design – from 10 kW up to the megawatt range. The Sunny Tripower presently fulfills the BDEW guideline requirements (medium voltage guideline), and in so doing, it participates in reliable grid management. A comprehensive security concept encompassing, among other things, string failure detection, electronic string fuses, and a surge protection function, providing the highest level of availability and reducing plant costs.

# Technical Data

## SUNNY TRIPOWER 10000TL / 12000TL / 15000TL / 17000TL

	STP 10000TL-10	STP 12000TL-10	STP 15000TL-10	STP 17000TL-10
<b>Input (DC)</b>				
Max. DC power (at $\cos \varphi = 1$ )	10.4 kW	12.5 kW	15.6 kW	17.6 kW
Max. DC voltage	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V
PV-voltage range, MPPT	150 - 800 V	150 - 800 V	150 - 800 V	150 - 800 V
Max. input current (input A / input B)	22 A / 11 A	22 A / 11 A	33 A / 11 A	33 A / 11 A
Number of MPP trackers	2	2	2	2
Max. number of parallel strings (input A / input B)	4 / 1	4 / 1	5 / 1	5 / 1
<b>Output (AC)</b>				
Nominal AC output	10 kVA	12 kVA	15 kVA	17 kVA
Max. AC power	10 kVA	12 kVA	15 kVA	17 kVA
Max. output current	16 A	19.2 A	24 A	24.6 A
Nominal AC voltage	3 / N / PE, 230 / 400V	3 / N / PE, 230 / 400V	3 / N / PE, 230 / 400V	3 / N / PE, 230 / 400V
AC grid frequency (self-adjusting) / range	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4.5$ Hz	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4.5$ Hz	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4.5$ Hz	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4.5$ Hz
Phase shift ( $\cos \varphi$ ), adjustable	0.8 leading ... 0.8 lagging	0.8 leading ... 0.8 lagging	0.8 leading ... 0.8 lagging	0.8 leading ... 0.8 lagging
AC connection	Three-phase	Three-phase	Three-phase	Three-phase
<b>Efficiency</b>				
Max. efficiency / Euro-Eta	98 % / 97.5 %	98 % / 97.5 %	98 % / 97.5 %	98 % / 97.5 %
<b>Protection devices</b>				
DC reverse polarity protection	●	●	●	●
ESS DC load-disconnecting switch	●	●	●	●
AC short-circuit protection	●	●	●	●
Ground fault monitoring	●	●	●	●
Grid monitoring (SMA Grid Guard)	●	●	●	●
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●	●	●	●
DC surge protection device (type II) can be integrated	●	●	●	●
Electronic string fuse	●	●	●	●
String failure detection	●	●	●	●
<b>General Data</b>				
Dimensions (W / H / D) in mm	665 / 690 / 265	665 / 690 / 265	665 / 690 / 265	665 / 690 / 265
Weight	approx. 65 kg	approx. 65 kg	approx. 65 kg	approx. 65 kg
Operating temperature range	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Consumption: operating (standby) / night	< 12.5 W / < 1 W	< 12.5 W / < 1 W	< 12.5 W / < 1 W	< 12.5 W / < 1 W
Topology	transformerless	transformerless	transformerless	transformerless
Cooling concept	OptiCool	OptiCool	OptiCool	OptiCool
Installation: Indoors / Outdoors (IP65 electronics)	●/●	●/●	●/●	●/●
<b>Features</b>				
DC connection: Phoenix Contact	●	●	●	●
AC connection: spring-type terminal (without tools)	●	●	●	●
Graphic display	●	●	●	●
Interfaces: Bluetooth® / RS485	●/○	●/○	●/○	●/○
Warranty: 5 years / 10 years / 15 years / 20 years / 25 years	●/○/○/○/○	●/○/○/○/○	●/○/○/○/○	●/○/○/○/○
Certificates and approvals	www.SMA.de	www.SMA.de	www.SMA.de	www.SMA.de
● Standard ○ Optional	Data at nominal conditions - provisional data, as of October 2009			

### Accessories



RS 485 interface



DC surge protection device (type II), input A



DC surge protection device (type II), inputs A and B