

TIPO DE DOCUMENTO:

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

TITULO:

**Proyecto de implantación de una planta fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la localidad de Palos de la Frontera.**

TITLE:

**Project to install a photovoltaic plant for the electrical supply of Palos de la Frontera.**

LOCALIDAD:

**Palos de la Frontera**

PROVINCIA:

**HUELVA**



AUTOR:

**PABLO RUIZ DE DIEGO**

DIRECTOR:

**PABLO BERNARDO CASTRO ALONSO**

TITULACION:

**GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS**

CONVOCATORIA:

**SEPTIEMBRE 2018**

## *INDICE GENERAL*

### INDICE DE CONTENIDOS:

Documento Nº1. Memoria.	5
Documento Nº2. Planos.	139
Documento Nº3. Presupuesto.	154
Documento Nº4. Pliego de condiciones.	158
Bibliografía.	202

## **INDICE DE FIGURAS**

- Figura 1. Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red.
- Figura 2. Vista aérea general.
- Figura 3. Vista aérea del municipio.
- Figura 4. Emplazamiento de la parcela.
- Figura 5. Medición de la parcela.
- Figura 6. Vista aérea parcial de la parcela.
- Figura 7. Imagen parcial de la parcela obtenida con Google Street view.
- Figura 8. Distancia del emplazamiento a la localidad de palos de la frontera.
- Figura 9. Distancias del emplazamiento a las subestaciones eléctricas de la zona.
- Figura 10. Curva característica I-V.
- Figura 11. Ejemplo de modelo de estructura soporte.
- Figura 12. Curva de eficiencia del inversor.
- Figura 13. Irradiancia media diaria por meses para la provincia de Huelva.
- Figura 14. Distancia entre paneles.
- Figura 15. Mayor daño producido por tensión de contacto.
- Figura 16. Producción de energía mensual.
- Figura 17. Estimación de las pérdidas de energía .

## **INDICE DE TABLAS**

- Tabla 1. Características de los paneles fotovoltaicos.
- Tabla 2. Características del panel SW 290.
- Tabla 3. Características de los inversores.
- Tabla 4. Características del inversor PRO-33.0-TL-OUTD.
- Tabla 5. Características del transformador.
- Tabla 6. Ficha técnica de la instalación.
- Tabla 7. Calculo del ángulo de inclinación óptimo en función de latitud.
- Tabla 8. Irradiación diaria mensual para la provincia de Huelva.
- Tabla 9. Valores más significativos del factor K en función de latitud.
- Tabla 10. Parámetros térmicos del panel SW 290.
- Tabla 11. Temperatura media (°C) mensual.
- Tabla 12. Rendimiento por perdidas de temperaturas mensual.
- Tabla 13. Resumen total de pérdidas.
- Tabla 14. Elección de la tensión de trabajo.
- Tabla 15. Secciones de cable comerciales.
- Tabla 16. Características del cable RV-K 1x70 negro.
- Tabla 17. Cálculos de las secciones en corriente alterna.
- Tabla 18. Cálculo de las secciones comerciales en corriente alterna.
- Tabla 19. Características del cable.
- Tabla 20. Cálculo  $R_t$  mínima.
- Tabla 21. Características de electrodos de puesta a tierra.
- Tabla 22. Cálculo de la  $R_t$ .
- Tabla 23. Datos obtenidos a través de la simulación.
- Tabla 24. Valoración de los riesgos.

# 1. MEMORIA

## 1. MEMORIA

### INDICE DE CONTENIDOS:

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.	7
1.2 MEMORIA JUSTIFICATIVA.	16

## **1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA**

## 1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

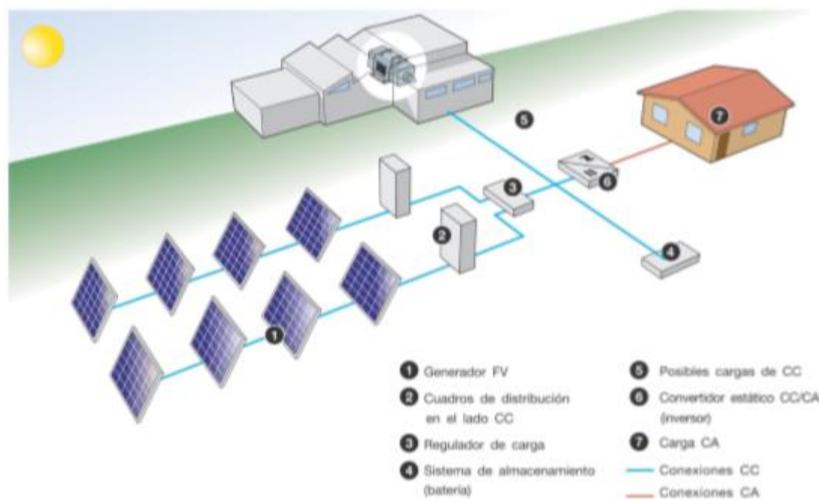
### INDICE DE CONTENIDOS:

1. INTRODUCCIÓN.	9
2. ANTECEDENTES.	9
3. OBJETO Y ALCANCE.	10
4. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.	10
5. GEOLOGÍA DE LA ZONA.	10
6. ESTUDIO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.	11
7. NORMATIVA APLICADA.	11
8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN.	12
9. POTENCIA A INSTALAR Y VIDA ÚTIL.	13
10. GENERADOR FOTOVOLTAICO.	13
11. ESTRUCTURA SOPORTE.	13
12. INVERSORES.	13
13. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.	14
14. INSTALACIÓN ELECTRICA DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN.	14
15. PUESTA A TIERRA.	14
16. OBRA CIVIL.	15

## 1. INTRODUCCIÓN

Tras un primer estudio general de los distintos tipos de proyectos que se pueden llevar a cabo, la elección final ha sido de un “Proyecto de instalación de una planta fotovoltaica de 6,013 MW conectada a la red”.

En la siguiente imagen se puede observar una vista muy general del esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red.



*Figura 1. Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red*

## 2. ANTECEDENTES

Existe una aspiración global a buscar nuevas formas de generación de energía que permitan generar energía eléctrica en cualquier parte del mundo, siendo respetuosos con el medio ambiente permitiendo un desarrollo sostenible.

Una de estas formas de generación es precisamente la transformación de energía solar en energía eléctrica por efecto fotovoltaico.

El presente proyecto se redacta por elección del alumno, para la implantación de una planta fotovoltaica en la localidad de Palos de la Frontera, el cual, se compone de los siguientes apartados:

- Memoria descriptiva y justificativa.
- Planos.
- Presupuesto.
- Pliego de condiciones generales.

### 3. OBJETO Y ALCANCE

El objeto del presente proyecto es la descripción, dimensionado, justificación y legalización de las instalaciones eléctricas en baja tensión, tanto de corriente continua, como de corriente alterna, instalaciones de seguridad de la energía eléctrica generada por una planta fotovoltaica. Dicha planta contará con conexión a la red y se instalará en el municipio de Palos de la Frontera, Huelva, con una potencia nominal total de la instalación de 6,013 MW.

La vida útil del proyecto se estima en 25 años. No obstante, al término de este periodo se evaluará mantener en operación la planta, pudiendo ser su vida útil alargada sensiblemente.

### 4. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

La instalación objeto de este proyecto se emplazará en una parcela de la localidad de Palos de la Frontera, en la provincia de Huelva. La localidad se encuentra a unos 14 km de la capital de la provincia, Huelva, a 9 km de la ciudad vecina de Moguer y a pocos kilómetros de las playas de Mazagón.

El terreno propuesto para la instalación de la planta fotovoltaica tiene las siguientes características:

- Provincia: Huelva.
- Municipio: Palos de la Frontera.
- Superficie: 16.2 hectáreas.
- Latitud: 37.234857272264534 (grados decimales).
- Longitud: -6.890490535412596 (grados decimales).
- Altitud: 16 metros sobre el nivel del mar.

### 5. GEOLOGÍA DE LA ZONA

La principal característica geológica de la zona, por lo general, es ser de terrenos de la era terciaria, cuaternaria y reciente. El paisaje del término municipal de Palos está constituido por tres zonas características diferenciadas: campiña, marismas y costa.

## 6. ESTUDIO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

### Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina.

### Fotovoltaica de conexión a red

Los sistemas se componen por un generador fotovoltaico que se encuentra conectado a la red eléctrica convencional a través de un inversor, produciéndose un intercambio energético entre ésta y el sistema fotovoltaico característico de este tipo de instalaciones. Así, el sistema inyecta energía en la red cuando su producción supera al consumo local, y extrae energía de ella en caso contrario.

### Energías renovables en Andalucía

El 91% de la energía renovables en Andalucía procede de la eólica, solar y la biomasa. En los últimos 10 años las energías renovables han multiplicado por seis su producción en Andalucía.

Se distribuyen del 50% de la energía eólica, el 27% de la solar termoeléctrica y fotovoltaica, 14% de la biomasa eléctrica, 9% de la hidráulica, y un porcentaje muy pequeño de otras tecnologías renovables como la energía oceanotérmica.

## 7. NORMATIVA APLICADA

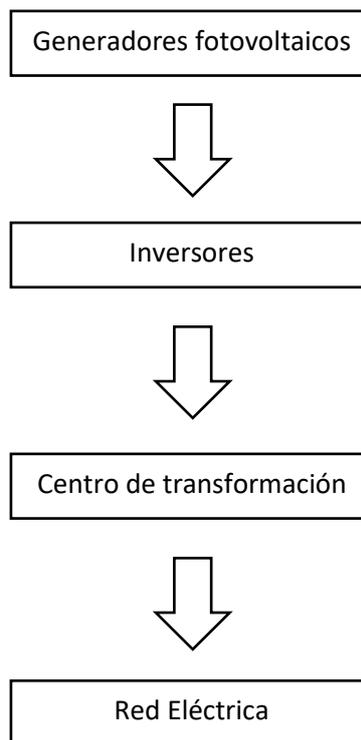
Las normativas de aplicación para la redacción del presente proyecto han sido las siguientes:

- Legislación de ámbito europeo.
- Normativa sobre producción de energía eléctrica.
- Normativa sobre instalaciones eléctricas.
- Normativa sobre energía solar fotovoltaica.
- Normativa sobre impacto ambiental.
- Otras normativas.

## 8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

La planta fotovoltaica que se va a instalar tiene como objetivo generar energía eléctrica de origen renovable a partir del sol. Esta energía generada será exportada íntegramente a la red por Endesa, la compañía distribuidora de energía de la zona.

Para ello, su funcionamiento está basado en un sencillo esquema conectado a la red:



La instalación fotovoltaica estará constituida por los siguientes elementos:

- Generador fotovoltaico.
- Paneles o módulos fotovoltaicos.
- Estructura soporte.
- Inversor.
- Centro de transformación.
- Protecciones eléctricas.
- Medida.
- Puesta a tierra de la instalación.
- Conexión a red.
- Sistemas de consumo auxiliares.
- Sistemas de monitorización y acceso web.
- Instalaciones de seguridad y vigilancia.

## 9. POTENCIA A INSTALAR Y VIDA ÚTIL

La planta fotovoltaica tiene una potencia pico a instalar de 6,013 MW. Esta potencia coincide con la potencia pico de un panel fotovoltaico, multiplicada por el número total de paneles. En este caso se instalarán 20.736 paneles de 290 W cada uno.

La vida útil del Proyecto se estima en 25 años. No obstante, al término de este periodo se evaluará mantener en operación la planta, pudiendo ser su vida útil de unos 5 o 10 años más.

## 10. GENERADOR FOTOVOLTAICO

En este caso, se utiliza el modelo de panel fotovoltaico de silicio monocristalino SW 290, fabricado por la compañía Solar World, con una potencia pico de 290W.

## 11. ESTRUCTURA SOPORTE

Se ha seleccionado la empresa Merkasol Energías Renovables, el cual nos proporcionará una estructura de soporte adecuada al Panel SolarWorld 290.

El modelo seleccionado para la planta es la “Estructura Aluminio Suelo 2 panel”. La estructura se compone de:

- Dos perfiles travesaño.
- Dos triángulos.
- Cuatro escuadras soporte de travesaño a triángulo.
- Cuatro grapas finales.
- Dos grapas intermedias.
- Ocho tornillos con tuerca M8 20 mm.

## 12. INVERSORES

En este caso, se utiliza el modelo de inversor PRO-33.0-TL-OUTD, fabricado por la compañía ABB, con una potencia nominal de 33 kW, la cual era la más atractiva para esta elección.

## 13. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

La instalación contará con 4 centros de transformación iguales, los cuales, cada uno pertenece a una de las 4 zonas en las que se divide la instalación.

En cada centro de transformación hay que contar con los siguientes elementos:

- Transformador.
- Celdas de media tensión.
- Edificio que albergue el conjunto de elementos que lo componen.

Se colocarán 48 inversores de 33 kW y un transformador de 1260 kVA para cada centro.

## 14. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN

La instalación eléctrica está formada por la instalación en baja tensión de la interconexión de las cadenas de módulos fotovoltaicos, la interconexión de los grupos con las cajas de conexionado de strings, y de ahí a los inversores. Se realizará la conexión trifásica en baja tensión desde el inversor utilizado hasta el centro de transformación, todo ello, siguiendo unas canalizaciones adecuadas para cada disposición.

Se instalarán los siguientes elementos de protección:

- Interruptor general manual.
- Interruptor automático diferencial.
- Interruptor automático de interconexión controlado por software.
- Un interruptor en el lado de continua perteneciente al inversor.
- Aislamiento de clase II en todos los componentes de la instalación.
- Fusible en cada polo del generador fotovoltaico.

## 15. PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección, por una parte, del circuito eléctrico, mediante una toma de tierra con un grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de toma de tierra se deberá conseguir que no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

## 16. OBRA CIVIL

La instalación de la planta fotovoltaica en la parcela objeto a utilizar, requiere de un acondicionamiento y una nivelación del terreno para el montaje de las estructuras y la apertura y cerrado de las zanjas para las canalizaciones.

Esta obra civil debe comprender una serie de requisitos que tienen que ser llevados a cabo, haciendo referencia principalmente, a los siguientes aspectos:

- Lindes de la parcela.
- Adecuación del terreno.
- Canalizaciones.
- Edificaciones.

## **1.2. MEMORIA JUSTIFICATIVA**

## 1.2. MEMORIA JUSTIFICATIVA

### INDICE DE CONTENIDOS:

ANEJO 1. INTRODUCCIÓN.	18
ANEJO 2. ANTECEDENTES.	20
ANEJO 3. OBJETO Y ALCANCE.	23
ANEJO 4. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.	25
ANEJO 5. GEOLOGÍA DE LA ZONA.	31
ANEJO 6. ESTUDIO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.	40
ANEJO 7. NORMATIVA APLICADA.	48
ANEJO 8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN.	53
ANEJO 9. POTENCIA A INSTALAR Y VIDA ÚTIL.	56
ANEJO 10. ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.	58
ANEJO 11. GENERADOR FOTOVOLTAICO.	65
ANEJO 12. INVERSORES.	73
ANEJO 13. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.	77
ANEJO 14. INSTALACIÓN ELECTRICA DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN.	80
ANEJO 15. PUESTA A TIERRA.	83
ANEJO 16. FICHA TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN.	86
ANEJO 17. OBRA CIVIL.	88
ANEJO 18. CÁLCULOS.	91
ANEJO 19. PRESUPUESTO (SIN DETALLAR).	120
ANEJO 20. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.	122

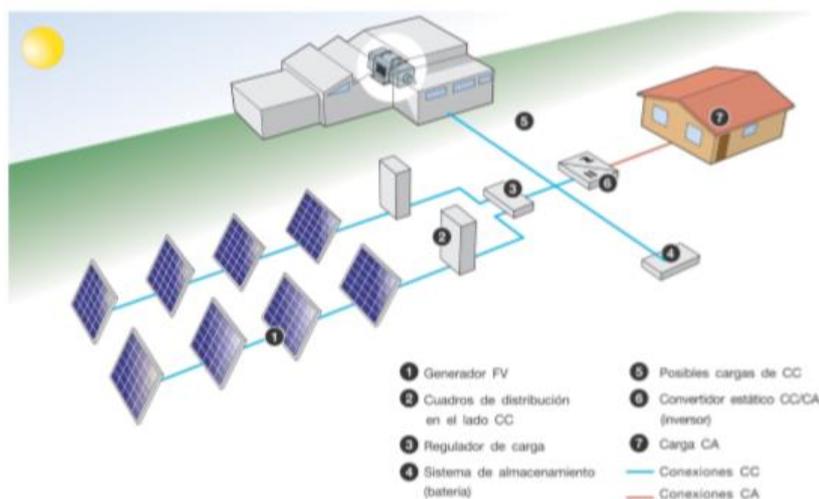
## ANEJO 1. INTRODUCCIÓN

## 1. INTRODUCCIÓN

Cualquier proyecto que se quiera llevar a cabo, independientemente del sector al que pertenezca, requiere una fase primaria de estudio de mercado en el que se analiza el marco en el que se plantea realizar dicho proyecto. Generalmente, dicho marco vendrá definido por el país o el estado en el que se pretende desarrollar el proyecto.

En este caso, tras un primer estudio general de los distintos tipos de proyectos que se pueden llevar a cabo, la elección final ha sido de un “Proyecto de instalación de una planta fotovoltaica de 6,013 MW conectada a la red”.

En la siguiente imagen se puede observar una vista muy general del esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red.



*Figura 2. Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red*

Actualmente, existe un gran interés por la utilización de recursos de carácter renovable para la generación de energía eléctrica, ya que tiene como ventaja el carácter limitado de las energías renovables, así como su escaso o nulo impacto contra el medio ambiente debido a que no producen contaminación.

La energía solar fotovoltaica es una de las energías renovables que se presentan como una alternativa a las fuentes tradicionales como los combustibles fósiles. Especialmente en los últimos años donde ha protagonizado una gran progresión debido a las mejoras de la tecnología, asociadas a la reducción de costes y principalmente desde que instituciones públicas como el Estado español o diversas Comunidades autónomas y municipios ofrezcan subvenciones para facilitar su instalación.

## ANEJO 2. ANTECEDENTES

## 2. ANTECEDENTES

Desde hace años se viene haciendo hincapié en la necesidad de modificar el modelo energético actual. Las principales causas son las siguientes:

- Los recursos energéticos combustibles son limitados, tanto el petróleo, gas, carbón, o cualquier otro mineral que se extraiga de la tierra, lo cual da lugar a la búsqueda de alternativas energéticas que no supongan el agotamiento del planeta.
- La combustión de elementos provoca la emisión de gases perjudiciales para el efecto invernadero.
- La energía eléctrica está presente de forma inevitable en esta vida, por lo que hay que buscar alternativas para intentar mejorar la viabilidad del planeta.

Existe por tanto una aspiración global a buscar nuevas formas de generación de energía que permitan generar energía eléctrica en cualquier parte del mundo, siendo respetuosos con el medio ambiente permitiendo un desarrollo sostenible.

Una de estas formas de generación es precisamente la transformación de energía solar en energía eléctrica por efecto fotovoltaico. Por sus características de este tipo de sistemas es muy sencillo de instalar, muy versátil y por ello resulta una opción muy interesante.

Otro aspecto fundamental para que se favorezca la implantación de este tipo de instalaciones es la normativa legal que exista al respecto en cada momento. Si los aspectos tecnológicos y económicos son progresivamente más favorables, la normativa, en cambio, depende de decisiones políticas que pueden ser cambiantes e inesperadas, facilitando o entorpeciendo la implantación de estos sistemas de generación de energía eléctrica fotovoltaica.

El presente proyecto se redacta por elección del alumno, para la implantación de una planta fotovoltaica en la localidad de Palos de la Frontera. Para su futura aprobación, es necesario la obtención de una serie de permisos en los diferentes organismos del estado para poder comenzar a ejecutar el proyecto.

El presente documento se compone de los siguientes apartados:

- Memoria descriptiva, que define brevemente la instalación y detalla los equipos y sistemas proyectados.
- Memoria justificativa, donde se definen las hipótesis de partidas y se realizan y justifican los cálculos necesarios.
- Planos.
- Presupuesto.

- 
- Pliego de condiciones generales de los diferentes elementos de la instalación, comprendiendo las características propias de los diferentes equipos y su correcta forma de montaje.

## **ANEJO 3. OBJETO Y ALCANCE**

### 3. OBJETO Y ALCANCE

Este proyecto se redacta con el fin de definir constructivamente una instalación de generación fotovoltaica de acuerdo con la legislación vigente.

El objeto del presente proyecto es la descripción, dimensionado, justificación y legalización de las instalaciones eléctricas en baja tensión, tanto de corriente continua, como de corriente alterna, instalaciones de seguridad de la energía eléctrica generada por una planta fotovoltaica. Se pretende demostrar ante los organismos competentes que la instalación que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente.

Dicha planta contará con conexión a la red y se instalará en el municipio de Palos de la Frontera, Huelva, con una potencia nominal total de la instalación de 6,013 MW.

El presente proyecto describe la ejecución de una instalación de generación fotovoltaica y explica la conexión con la red eléctrica y el punto de evacuación.

La energía generada por la planta fotovoltaica se conducirá hasta el punto de conexión asignado por la Compañía Eléctrica.

Con la construcción de la planta fotovoltaica se pretende alcanzar tres objetivos bien definidos:

- Fomentar la energía fotovoltaica como fuente alternativa de producción de energía.
- Disminuir la emisión de gases de efecto invernadero en la generación de energía eléctrica.
- Producir la energía eléctrica suficiente como para alimentar a la localidad de Palos de la Frontera y a los terrenos de cultivos situados en su cercanía.

La vida útil del proyecto se estima en 25 años. No obstante, al término de este periodo se evaluará mantener en operación la planta, pudiendo ser su vida útil alargada sensiblemente.

Finalmente se realizará así mismo un análisis económico para determinar la viabilidad o el interés desde el punto de vista de inversión, con la actual normativa de remuneración para la energía generada por estos sistemas, para potenciar el aprovechamiento de recursos renovables de la zona para la producción de una energía limpia y que ayude a la disminución de la generación de energía por las actuales fuentes de energía convencionales contaminantes.

## **ANEJO 4. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN**

## 4. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

La instalación objeto de este proyecto se emplazará en una parcela de la localidad de Palos de la Frontera, en la provincia de Huelva. La localidad se encuentra a unos 14 km de la capital de la provincia, Huelva, a 9 km de la ciudad vecina de Moguer y a pocos kilómetros de las playas de Mazagón.

Para la elección del emplazamiento se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- La principal consideración suele ser encontrar un emplazamiento donde la radiación solar nos pueda dar una producción mayor.
- Es habitual buscar núcleos de población cerca donde la demanda de energía será mayor.
- El terreno debe estar cerca de viales por los que puedan circular vehículos industriales.
- Debe haber próxima alguna subestación eléctrica para facilitar la evacuación de la energía generada. Este aspecto es uno de los más importantes a la hora de tomar la decisión final del emplazamiento.
- El nivel de la superficie debe ser lo menos irregular posible en cuanto a desnivel, a fin de evitar sobrecostes por movimientos de tierras, por lo que se ha escogido un terreno plano preparado para el cultivo.
- El área de la parcela debe permitir instalar la potencia de 6,013 MW que hay prevista.

Otra consideración que hay que tener muy en cuenta, es que en cada comunidad hay una serie de terrenos o zonas protegidas que deben evitarse pues no se permite la construcción de instalaciones en ellas. Las restricciones a este tipo de zonas corresponden a:

- Zonas de interés científico.
- Áreas de riesgo de inundación.
- Reservas naturales.
- Reservas de animales.
- Tierras agrícolas de calidad.
- Parques naturales.
- Áreas de protección especial.
- Lugares de patrimonio de la humanidad.

Por último, la distribución de los módulos fotovoltaicos se ha de realizar con el fin de maximizar la producción anual de energía. Los principales parámetros que afectan al rendimiento de una instalación solar son:

- Orientación.
- Inclinación.
- Sombras sobre los módulos fotovoltaicos.
- Pérdidas eléctricas.
- Ventilación de los módulos fotovoltaicos.

Una vez que se han tenido en cuenta todas estas consideraciones, el terreno propuesto para la instalación de la planta fotovoltaica tiene las siguientes características:

- Provincia: Huelva.
- Municipio: Palos de la Frontera.
- Superficie: 16.2 hectáreas.
- Latitud: 37.234857272264534 (grados decimales).
- Longitud: -6.890490535412596 (grados decimales).
- Altitud: 16 metros sobre el nivel del mar.

En las siguientes imágenes se puede apreciar las vistas aéreas de la parcela obtenidas a partir de Google Maps.



*Figura 3. Vista aérea general*

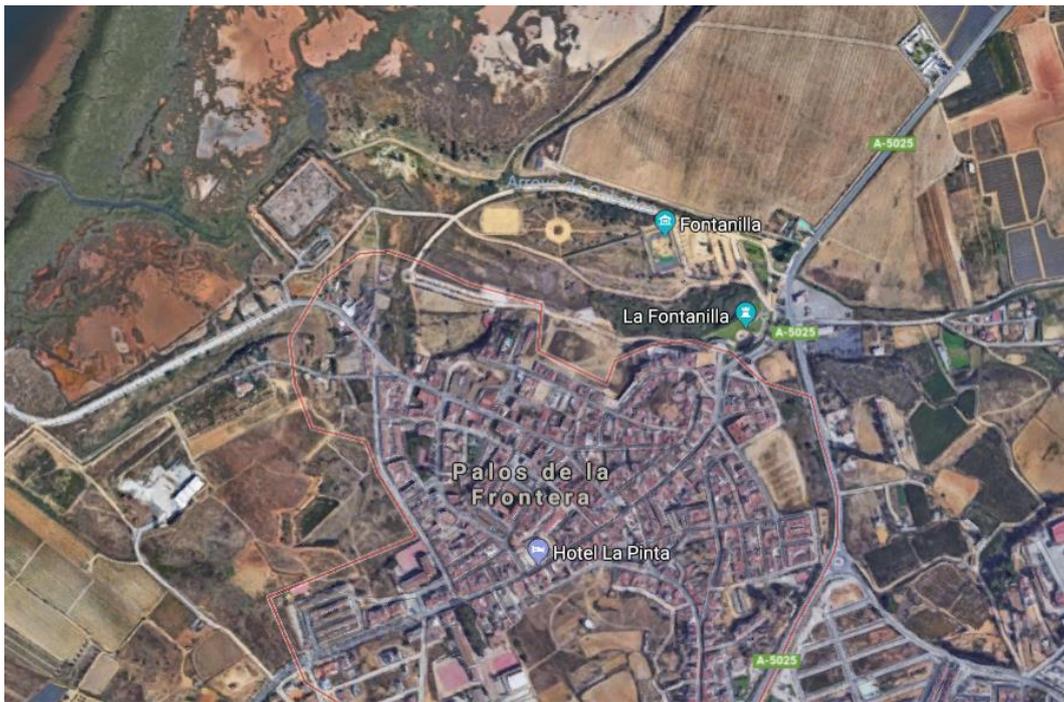


Figura 4. Vista aérea del municipio

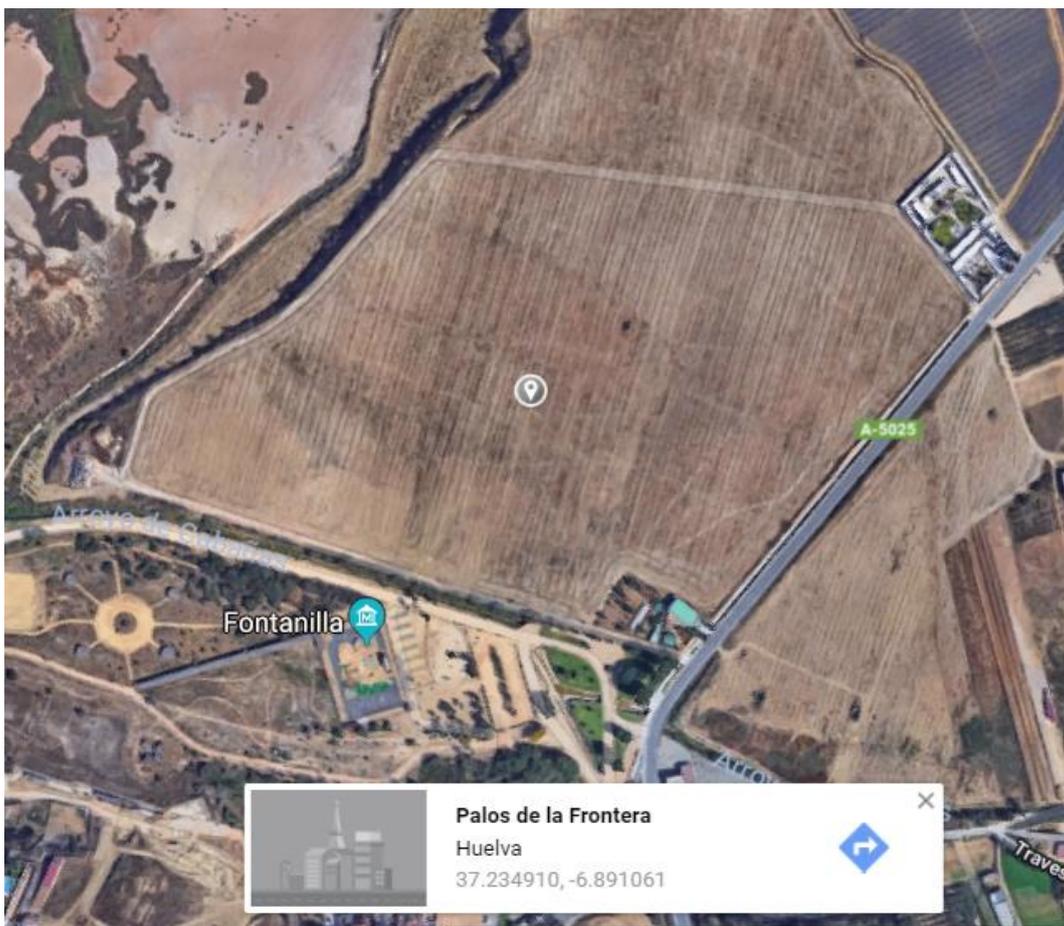


Figura 5. Emplazamiento de la parcela

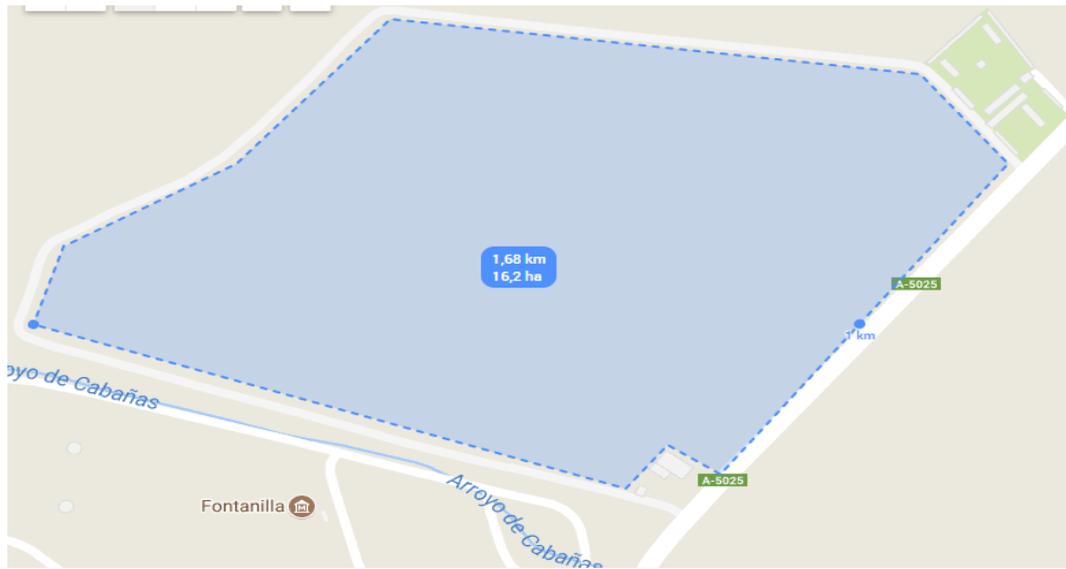


Figura 6. Medición de la parcela

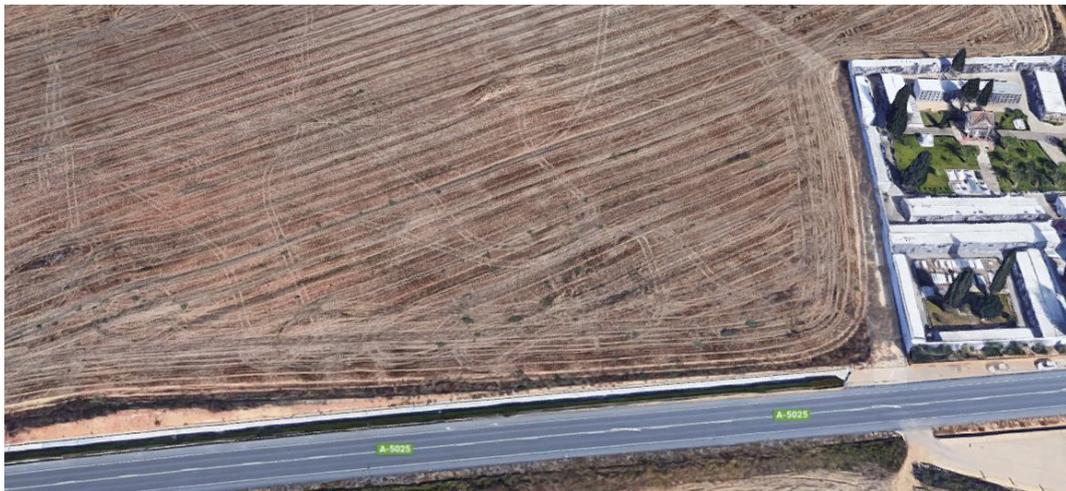


Figura 7. Vista aérea parcial de la parcela



Figura 8. Imagen parcial de la parcela obtenida con Google Street View

En las siguientes dos imágenes se puede observar la distancia de 766.93 metros que hay desde la planta hasta la localidad de Palos de la Frontera y las distancias que hay desde el emplazamiento hasta las subestaciones eléctricas más próximas. Estas distancias son de: 4.88 km a la Subestación Cristóbal Colon, 4.9 km a la Subestación Torrearenilla y 5.55 km a la Subestación Palos de la Frontera.

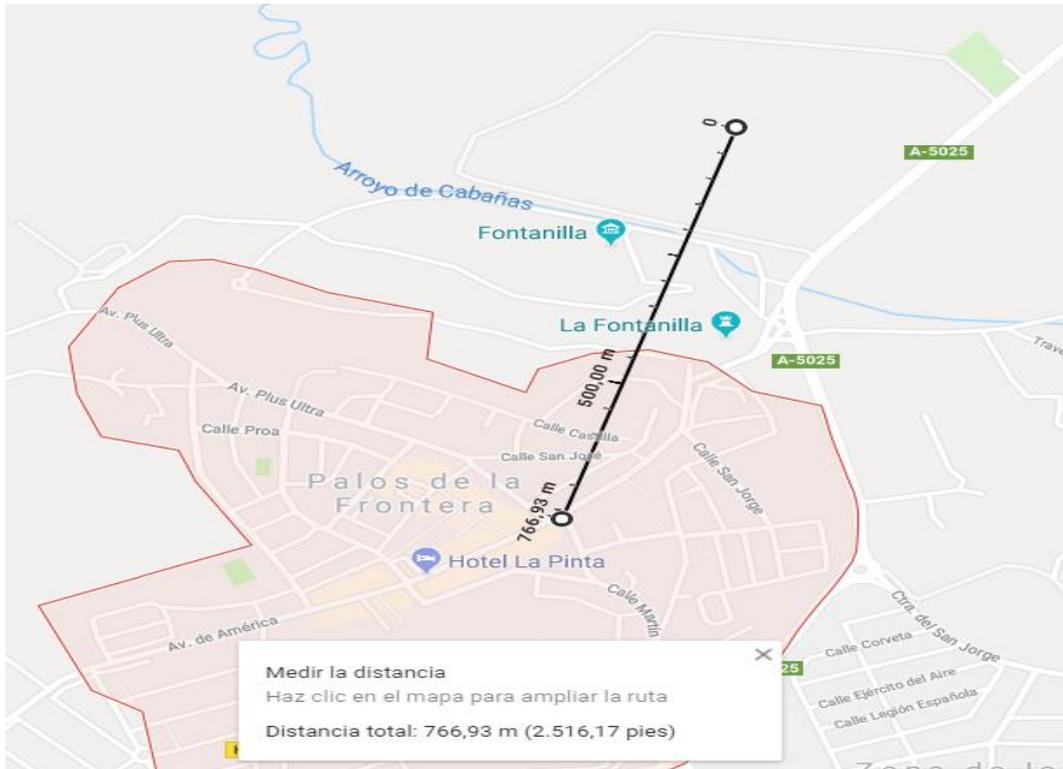


Figura 9. Distancia del emplazamiento a la localidad de Palos de la Frontera

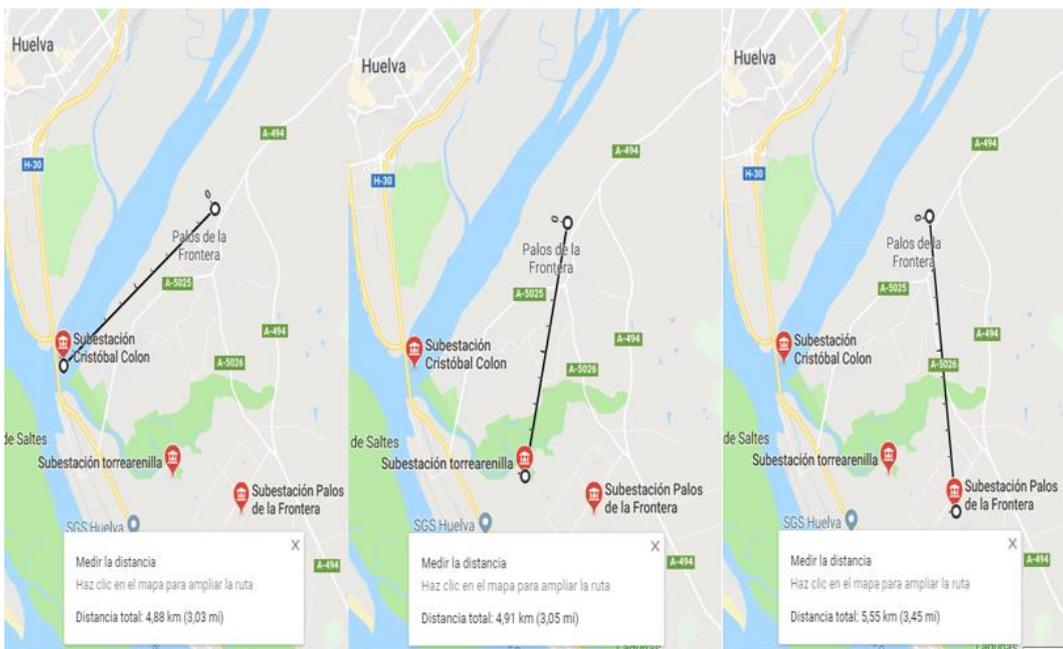


Figura 10. Distancias del emplazamiento a las subestaciones eléctricas de la zona

## ANEJO 5. GEOLOGÍA DE LA ZONA

## 5. GEOLOGÍA DE LA ZONA

La principal característica geológica de la zona, por lo general, es ser de terrenos de la era terciaria, cuaternaria y reciente. El paisaje del término municipal de Palos está constituido por tres zonas características diferenciadas: campiña, marismas y costa.

La composición del terreno de "la campiña" de arcillas arenosas y guijas, rojizas por el manto diluvial cuaternario, y que se encuentra situado sobre arcillas y calizas terrosas terciarias, hacen de esta zona la más adecuada para las actividades agrícolas, aunque desafortunadamente no es muy extensa dado el reducido término de Palos.

Las marismas y lagunas ocupan una extensa franja de terreno en los límites meridionales del término municipal y en la ribera del río Tinto, entre ellas se encuentra la "laguna primera de Palos", la de "las madres" o el "estero Domingo Rubio". Una de las principales características de las marismas es la biodiversidad que se da en ellas, desde ánades, cormoranes, calamones, hasta garcillas y garzas reales.

Por último, se encuentra en la zona meridional con la zona de "la costa", que es baja, arenosa y rectilínea. Es de gran extensión y en ella están las playas de Julián, Morla y Mazagón. A lo largo de la extensión que va desde la Torre de Arenillas y la del Oro, desaguan pequeños arroyos.

### Paraje Natural Estero de Domingo Rubio:

El conjunto de marismas y esteros del litoral atlántico andaluz forma uno de los más importantes complejos palustres litorales de la Península. El Estero de Domingo Rubio presenta un destacable desarrollo de la vegetación palustre. Sustenta una rica y variada avifauna, contribuyendo a diversificar, junto con el resto de los humedales litorales onubenses, los hábitats que sirven de refugio a numerosos contingentes de aves en sus trayectos migratorios.

El medio físico: geología, hidrología e hidroquímica El Estero de Domingo Rubio es un caño fluviomareal del litoral atlántico andaluz asociado a la desembocadura del río Tinto, formando en su tramo de desembocadura una marisma, mientras que hacia su cabecera se ha alterado su dinámica mareal por la construcción de infraestructuras viarias. Tiene su origen en el amplio estuario del río Tinto que fue aislado por la formación de la barra de las arenas litorales que lo separan del mar. El área de marisma, sometida a la influencia mareal, posee además un drenaje directo de caños que canalizan las aguas de las zonas arenosas y areniscas circundantes, produciéndose en consecuencia una mezcla de aguas dulces y saladas.

Su extensa cuenca vertiente está litológicamente constituida por gravas, arenas y arcillas (Cuaternario); conglomerados rojos y arenas (Pleistoceno); arenas, gravas y limos (Plioceno-Pleistoceno); margas arenosas, limos carbonatados y margas azules (Mioceno Superior). Las formaciones superficiales del humedal, de génesis fluvial, están constituidas por gravas, arenas y limos arenosos bioturbados.

El Estero de Domingo Rubio se encuentra ubicado dentro de la subcuenca hidrográfica del arroyo de la Dehesa del Estero, recibiendo las aguas de precipitación y escorrentía que se recogen en la misma. El arroyo del Estero muestra, por su margen derecha, una red fluvial densa y encajada, mientras que por su margen izquierda está mucho menos desarrollada.

Este humedal presenta una alimentación mixta, por aportes superficiales y por aportes del acuífero de la Unidad Hidrogeológica 04.14 Almonte- Marismas, siendo el nivel de base del acuífero en este sector. Las oscilaciones piezométricas del acuífero producen aumento o disminución de los caudales subterráneos que alimentan el humedal y que se manifiestan en fluctuaciones estacionales del área inundada (Confederación Hidrográfica del Guadiana, 2002).

El régimen de alimentación superficial se encuentra actualmente alterado, de manera importante, debido a la existencia de un elevado número de pequeños embalses o represamientos construidos en los cauces de los afluentes para su aprovechamiento en regadíos. Por otra parte, la construcción de infraestructuras viarias que cruzan el estero ha modificado de forma evidente la influencia de la dinámica mareal. Como sistema fluviomareal, el estero de Domingo Rubio se caracteriza por la variabilidad hidroquímica que impone dicha dinámica, y que se manifiesta, particularmente, por un gradiente de mineralización desde cabecera a desembocadura.

En las áreas palustres que han quedado configuradas en el tramo de dominio fluvial al ralentizarse la hidrodinámica natural, como es el caso del tramo afectado por la carretera que une Palos de la Frontera y Mazagón, las aguas son de carácter subsalino, aunque experimentan notables incrementos en su grado de mineralización en el período de estiaje, en el que desciende de manera muy acusada el nivel de inundación.

La vegetación más característica en su entorno está representada por pinares de *Pinus pinea* que aparecen, fundamentalmente, en las formaciones dunares estabilizadas que delimitan el estero por su margen sur. La vegetación palustre dominante en este tramo alto está esencialmente constituida por espadañales y carrizales que forman extensas bandas continuas en la zona litoral y configuran isletas en las áreas interiores más profundas. Junto a estas formaciones se instalan ejemplares de tarajes que aparecen dispersos entre la vegetación de borde. En otros sectores próximos es posible encontrar un mayor desarrollo y cobertura de las formaciones de juncáceas y ciperáceas, con especies como *Juncus effusus*, *Juncus subulatus* y *Scirpus maritimus* y, en bandas más externas o alejadas de la lámina de agua, praderas juncales de *Juncus striatus* y *Juncus*

acutus, Scirpus holoschoenus y juncáceas cespitosas como Juncus bufonius, Juncus articulatus y Juncus hybridus.

Usos del suelo y estado de conservación:

El Estero de Domingo Rubio se encuentra ubicado en un área fuertemente antropizada, con intenso aprovechamiento industrial y agrícola. Su proximidad al Polígono industrial de Huelva y las grandes extensiones dedicadas a cultivos intensivos en regadío, como son los cultivos de fresón que ocupan amplias extensiones en su cuenca, se convierten en los principales factores de tensión que afectan al ecosistema acuático. En el tramo más oriental del Estero se puede observar la existencia de tuberías que drenan los campos de cultivo adyacentes y tienen su salida directa al escarpe que delimita el cauce.

Este sector oriental también aparece afectado por el trazado viario, de manera que el cruce transversal de estas infraestructuras constituye barreras físicas que han contribuido de forma sustancial a la modificación de su hidrodinámica natural. En los últimos años se han realizado movimientos de tierras para la canalización de tuberías destinadas a la mejora de los regadíos en la zona, que han vuelto a alterar el medio físico en este enclave, con implicaciones en la hidroquímica del sector afectado y efectos negativos en la vegetación palustre.

De estos usos del suelo y de las actividades que se desarrollan en su gran cuenca de drenaje derivan toda una serie de impactos como son el vertido de los excedentes de riego, que alteran la cantidad y calidad de las aguas, una aceleración del proceso de colmatación del humedal, o la presencia de residuos sólidos de origen agrícola en sus márgenes, entre otros. Sin embargo, uno de los mayores impactos que está sufriendo su cuenca vertiente es, probablemente, la existencia de un elevado número de pequeñas balsas y presas, distribuidas por toda la cabecera de la cuenca, destinadas al riego agrícola y que, sin duda, han alterado intensamente el funcionamiento de la red de drenaje natural. El Estero de Domingo Rubio fue declarado Paraje Natural en virtud de la Ley 2/1989 de 18 de julio, por la que se aprobó el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (BOJA número 60 de 27/07/1989), y se encuentra incluido en el listado de Lugares de Importancia Comunitaria (LIC's) propuesto por la Comunidad Autónoma de Andalucía. Es, además, Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA).

#### Paraje Natural Laguna de las Madres

Conjunto de lagunas de agua dulce rodeadas por un cordón de dunas y vegetación palustre entre Mazagón y la desembocadura del Tinto, en los municipios de Moguer y Palos de la Frontera.

La vegetación está muy degradada y acosada por los cultivos que se desarrollan alrededor de las lagunas y la extracción de turba. Muchas plantas invasoras por degradación del suelo conforman el paisaje. Junto a esta predominancia de invernaderos se desarrollan algunas zonas del matorral mediterráneo original donde

predominan aulagas, jaras, jaguarzo blanco, taraje, romero, cantueso, etc. En las orillas hay *Salicornia ramossisima*, salados y *Halimione portulacoides*, Verdolaga marina. En la vegetación palustre destacan los carrizos, juncos y castañuelas.

La vegetación acuática está representada por las lentejas de agua como *Lemma gibba*, *Lemma minor*, *Nuphar luteum*, *Ranunculus peltatus*, *Agrostis stolonifera*, *Anagallis tenella*, *Fuirena pubescens*, *Juncus acutiflorus* subsp. *rugosus*, *Ludwigia palustris*, *Myosotis welwitschii*, *Wolffia arrhiza*, *Potamogeton polygonifolius*, *Scirpus fluitans*, *Rhynchospora modesti-lucennoi* y *Scutellaria minor*. Especies carnívoras poco frecuentes como *Utricularia australis* y *Utricularia exoleta* Además de los cultivos hay repoblaciones de pino piñonero.

Las especies presentes en la zona son:

- *Armeria pungens*.
- *Artemisia crithmifolia*.
- *Arthrocnemum macrostachyum*.
- *Calluna vulgaris*.
- *Ceratophyllum demersum*.
- *Cladium mariscus*.
- *Corema album*.
- *Erica ciliaris*.
- *Erica scoparia*.
- *Halimione portulacoides*, Verdolaga marina.
- *Halimium halimifolium*.
- *Helichrysum picardii*.
- *Imperata cylindrica*.
- *Iris pseudoacorus*.
- *Juncus maritimus*.
- *Juniperus phoenicea* sbsp. *turbinata*.
- *Malcolmia littorea*.
- *Nymphaea alba*.
- *Osyris quadripartita*.
- *Paspalum paspalodes*.
- *Paspalum vaginatum*.
- *Phragmites australis*.
- *Pinus pinea*.
- *Pistacia lentiscus*.
- *Populus alba*.
- *Polygonum amphibium*.
- *Polygonum equisetiforme*.
- *Pulicaria paludosa*.
- *Retama monosperma*.
- *Rosmarinus officinalis*.

- *Rubus ulmifolius*.
- *Saccharum ravennae*.
- *Salicornia ramossisima*.
- *Salix atrocinnerea*.
- *Salix fragilis*.
- *Sarcocornia fruticosa*.
- *Scirpus lacustris*.
- *Scirpus maritimus*.
- *Solanum linnaeanum*.
- *Suaeda vera*.
- *Tamarix africana*.
- *Tamarix canariensis*.
- *Typha domingensis*.
- *Typha latifolia*.
- *Ulex australis*.
- *Ulex minor*.
- *Vitis vinifera* subsp *sylvestris*.

En la fauna de la zona se encuentra:

- Entre los mamíferos destacan la nutria y el lince.
- Entre los reptiles, Camaleón, *Acanthodactylus erythrurus* y lagarto ocelado.
- Los Peces están representados por colmillejas, pejerreyes y carpas.
- *Fulica atra* es muy abundante.
- La cigüeña común es el grupo más predominante de aves.
- *Larus ridibundus* (Gaviota reidora).
- *Bubulcus ibis* (Garcilla Bueyera).
- *Actitis hypoleucos* Andarríos chico.
- *Alcedo atthis* - Martín pescador.
- *Anser Anser* común.
- *Anas acuta* Anade rabudo.
- *Anas clypeata* (Pato cuchara).
- *Anas crecca* Cerceta común.
- *Anas penelope* Silbón europeo.
- *Anas platyrhynchos* / Anade Real.
- *Anas strepera* / Anade friso.
- *Anthus spinoletta* / Bisbita alpino.
- *Ardea cinerea* (Garza real).
- *Ardea purpurea* (Garza imperial).
- *Ardeola ralloides* (Garcilla cangrejera).
- *Aythya ferina* Porrón europeo.
- *Aythya nyroca* Porrón pardo.
- *Bubulcus ibis* (Garcilla Bueyera).

- *Calidris alba* (Correlimos tridáctilo).
- *Calidris alpina* (Correlimos común).
- *Calidris canutus* (Correlimos gordo).
- *Calidris ferruginea* (Correlimos zarapitín).
- *Calidris minuta* (Correlimos menudo).
- *Charadrius hiaticula* (Chorlitejo grande).
- *Charadrius alexandrinus* (Chorlitejo patinegro).
- *Charadrius dubius* (Chorlitejo chico).
- *Chlidonias hybridus* (Fumarel cariblanco).
- *Chlidonias leucopterus* (Fumarel aliblanco).
- *Chlidonias niger* (Fumarel común).
- *Ciconia* /Cigüeña.
- *Circus aeuruginosus* (Aguilucho lagunero).
- *Egretta garzetta* Garceta Común.
- *Fulica atra* (Focha común).
- *Fulica cristata* (Focha moruna).
- *Gallinago* (Agachadiza común).
- *Gallinula chloropus* (Polla de agua).
- *Himantopus* (Cigüeñuela común).
- *Ixobrychus minutus* (Avetorillo común).
- *Larus audouinii* Gaviota de audouin.
- *Larus cachinans* Gaviota patiamarilla.
- *Larus genei* (Gaviota picofina).
- *Larus fuscus* (Gaviota sombría).
- *Larus melanocephalus* (Gaviota cabecinegra).
- *Larus ridibundus* (Gaviota reidora).
- *Limosa lapponica* Aguja colipinta.
- *Limosa* Aguja colinegra.
- *Lymnocyptes minimus* Agachadiza chica.
- *Marmaronetta angustirostris* (Cerceta pardilla).
- *Mergus serrator* Serreta mediana.
- *Motacilla alba* (Lavandera blanca).
- *Nycticorax* (Martinete común).
- *Oxyura leucocephala* (Malvasía cabeciblanca).
- *Pandion haliaetus* Águila pescadora.
- *Phalacrocorax carbo* (Cormorán grande).
- *Phoenicopterus ruber* (Flamenco).
- *Platalea leucorodia* (Espátula).
- *Podiceps cristatus* Somormujo lavanco.
- *Podiceps nigricollis* (Zampullín cuellinegro).
- *Porphyrio* (Calamón).
- *Recurvirostra avosetta* Avoceta.

- *Sterna albifrons* Charrancito.
- *Sterna bengalensis* Charrán bengalí.
- *Sterna hirundo* Charrán común.
- *Sterna paradisea* Charrán ártico.
- *Sterna sandvicensis* Charrán patinegro.
- *Upupa epops* Abubilla.
- *Tachybaptus ruficollis* (Zampullín chico).
- *Tringa glareola* Andarríos bastardo.
- *Tringa nebularia* Archibebe claro.
- *Tringa ochropus* Andarríos grande.
- *Tringa totanus* Archibebe común.
- Taxones amenazados.
- *Utricularia exoleta*.
- *Rhynchospora modesti-lucennoi*.
- *Genista ancistrocarpa*.
- *Armeria velutina*.
- *Vulpia fontquerana*.
- *Anguilla* Anguila.
- *Cobitis paludica* Colmilleja.
- *Emys orbicularis* Galápago europeo.
- *Mauremys leprosa* Galápago leproso.
- *Ardeola ralloides* Garcilla cangrejera.
- *Plegadis falcinellus* Morito común.
- *Anas crecca* Cerceta común.
- *Anas acuta* Anade rabudo.
- *Oxyura leucocephala* Malvasia cabeciblanca.
- *Fulica cristata* Focha moruna.
- *Netta rufina* (Pato colorado).
- *Tringa totanus* Archibebe común.
- *Glareola pratincta* Canastera.
- *Chlidonias hybridus* Fumarel cariblanco.
- *Arvicola sapidus* Rata de agua.

#### Hábitats:

- Lagunas costeras.
- Dunas costeras fijas con vegetación herbácea (dunas grises).
- Enebrales y sabinares costeros (*Juniperion lyciae*).
- Dunas con bosques paraclimáticos, fruticedas riparias, pinares naturales de introducción antigua (*Quercetea*, *Pistacio-Rhamnetalia*, *Prunetalia*).
- Estanques temporales mediterráneos.
- Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas de *Erica ciliaris* y *Erica tetralix*.

## Parque Botánico Celestino Mutis en Palos de la Frontera

El Parque botánico José Celestino Mutis, es un jardín botánico situado cerca del Monasterio de La Rábida, en el término municipal de Palos de la Frontera.

Enclavado en el paraje conocido como La Rábida, uno de los Lugares colombinos por excelencia, fue inaugurado en 1993 con motivo del V Centenario del regreso a Palos de la Frontera de la expedición de Cristóbal Colón y con la intención de simbolizar los nexos de unión entre España y América. Para ello se diseñó un espacio desnivelado, en el que el agua cayera desde la parte alta del parque a través de escalones y diferentes estanques hasta salir junto a la entrada principal en forma de fuente-geiser. Alrededor se albergó una importante colección de flora principalmente procedente de la Península Ibérica y de América del Sur (aunque existe representación de todos los continentes) observable a través de distintos senderos señalizados. También, en la parte baja, se creó un pequeño invernadero para especies tropicales. El parque acoge numerosas especies vegetales, tanto terrestres como acuáticas, así como algunas especies de peces, anfibios y larvas acomodadas al ecosistema.

El parque fue inicialmente construido y gestionado por el ICONA y posteriormente cedido a la Diputación de Huelva y al Ayuntamiento de Palos de la Frontera, que se encargan de su gestión. Existe un parque del mismo nombre en Colombia.

## **ANEJO 6. ESTUDIO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES**

## 6. ESTUDIO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

### Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina.

Este tipo de energía se usa principalmente para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución, aunque también permite alimentar innumerables aplicaciones y aparatos autónomos, abastecer refugios de montaña o viviendas aisladas de la red eléctrica. Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años.

Programas de incentivos económicos, primero, y posteriormente sistemas de autoconsumo fotovoltaico y balance neto sin subsidios, han apoyado la instalación de la fotovoltaica en un gran número de países. Gracias a ello la energía solar fotovoltaica se ha convertido en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, después de las energías hidroeléctrica y eólica. A principios de 2017, se estima que hay instalados en todo el mundo cerca de 300 GW de potencia fotovoltaica.

La energía fotovoltaica no emite ningún tipo de polución durante su funcionamiento, contribuyendo a evitar la emisión de gases de efecto invernadero. Su principal desventaja consiste en que su producción depende de la radiación solar, por lo que si la célula no se encuentra alineada perpendicularmente al Sol se pierde entre un 10-25 % de la energía incidente. Debido a ello, en las plantas de conexión a red se ha popularizado el uso de seguidores solares para maximizar la producción de energía. La producción se ve afectada asimismo por las condiciones meteorológicas adversas, como la falta de sol, nubes o la suciedad que se deposita sobre los paneles. Esto implica que para garantizar el suministro eléctrico es necesario complementar esta energía con otras fuentes de energía gestionables como las centrales basadas en la quema de combustibles fósiles, la energía hidroeléctrica o la energía nuclear.

Gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el coste de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales, aumentando a su vez la eficiencia, y logrando que su coste medio de generación eléctrica sea ya competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la

paridad de red. Actualmente el coste de la electricidad producida en instalaciones solares se sitúa entre 0,05-0,10 \$/kWh en Europa, China, India, Sudáfrica y Estados Unidos. En 2015, se alcanzaron nuevos récords en proyectos de Emiratos Árabes Unidos (0,0584 \$/kWh), Perú (0,048 \$/kWh) y México (0,048 \$/kWh). En mayo de 2016, una subasta solar en Dubái alcanzó un precio de 0,03 \$/kWh.<sup>19</sup>

### Principio de funcionamiento

Cuando un semiconductor dopado se expone a radiación electromagnética, se desprende del mismo un fotón, que golpea a un electrón y lo arranca, creando un hueco en el átomo. Normalmente, el electrón encuentra rápidamente otro hueco para volver a llenarlo, y la energía proporcionada por el fotón, por tanto, se disipa en forma de calor. El principio de una célula fotovoltaica es obligar a los electrones y a los huecos a avanzar hacia el lado opuesto del material en lugar de simplemente recombinarse en él: así, se producirá una diferencia de potencial y por lo tanto tensión entre las dos partes del material, como ocurre en una pila.

Para ello, se crea un campo eléctrico permanente, a través de una unión pn, entre dos capas dopadas respectivamente, p y n. En las células de silicio, que son mayoritariamente utilizadas, se encuentran, por tanto:

- La capa superior de la celda, que se compone de silicio dopado de tipo n. En esta capa, hay un número de electrones libres mayor que en una capa de silicio puro, de ahí el nombre del dopaje n, negativo. El material permanece eléctricamente neutro, ya que tanto los átomos de silicio como los del material dopante son neutros: pero la red cristalina tiene globalmente una mayor presencia de electrones que en una red de silicio puro.
- La capa inferior de la celda, que se compone de silicio dopado de tipo p. Esta capa tiene por lo tanto una cantidad media de electrones libres menor que una capa de silicio puro. Los electrones están ligados a la red cristalina que, en consecuencia, es eléctricamente neutra, pero presenta huecos, positivos (p). La conducción eléctrica está asegurada por estos portadores de carga, que se desplazan por todo el material.

En el momento de la creación de la unión pn, los electrones libres de la capa n entran instantáneamente en la capa p y se recombinan con los huecos en la región p. Existirá así durante toda la vida de la unión, una carga positiva en la región n a lo largo de la unión (porque faltan electrones) y una carga negativa en la región en p a lo largo de la unión (porque los huecos han desaparecido); el conjunto forma la «Zona de Carga de Espacio» (ZCE) y existe un campo eléctrico entre las dos, de n hacia p. Este campo eléctrico hace de la ZCE un diodo, que sólo permite el flujo de corriente en una dirección: los electrones pueden moverse de la región p a la n, pero no en la dirección opuesta y por el contrario los huecos no pasan más que de n hacia p.

En funcionamiento, cuando un fotón arranca un electrón a la matriz, creando un electrón libre y un hueco, bajo el efecto de este campo eléctrico cada uno va en dirección opuesta: los electrones se acumulan en la región n (para convertirse en polo negativo), mientras que los huecos se acumulan en la región dopada p (que se convierte en el polo positivo). Este fenómeno es más eficaz en la ZCE, donde casi no hay portadores de carga (electrones o huecos), ya que son anulados, o en la cercanía inmediata a la ZCE: cuando un fotón crea un par electrón-hueco, se separaron y es improbable que encuentren a su opuesto, pero si la creación tiene lugar en un sitio más alejado de la unión, el electrón (convertido en hueco) mantiene una gran oportunidad para recombinarse antes de llegar a la zona n. Pero la ZCE es necesariamente muy delgada, así que no es útil dar un gran espesor a la célula. Efectivamente, el grosor de la capa n es muy pequeño, ya que esta capa sólo se necesita básicamente para crear la ZCE que hace funcionar la célula. En cambio, el grosor de la capa p es mayor: depende de un compromiso entre la necesidad de minimizar las recombinaciones electrón-hueco, y por el contrario permitir la captación del mayor número de fotones posible, para lo que se requiere cierto mínimo espesor.

En resumen, una célula fotovoltaica es el equivalente de un generador de energía a la que se ha añadido un diodo. Para lograr una célula solar práctica, además es preciso añadir contactos eléctricos (que permitan extraer la energía generada), una capa que proteja la célula, pero deje pasar la luz, una capa antireflectante para garantizar la correcta absorción de los fotones, y otros elementos que aumenten la eficiencia de la misma.

#### Fotovoltaica de conexión a red

Los sistemas fotovoltaicos de conexión a red eléctrica constituyen una de las aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica que más atención están recibiendo en los últimos años, dado su elevado potencial de utilización en zonas urbanizadas próximas a la red eléctrica.

Los sistemas se componen por un generador fotovoltaico que se encuentra conectado a la red eléctrica convencional a través de un inversor, produciéndose un intercambio energético entre ésta y el sistema fotovoltaico característico de este tipo de instalaciones. Así, el sistema inyecta energía en la red cuando su producción supera al consumo local, y extrae energía de ella en caso contrario.

Los paneles solares fotovoltaicos compuestos por células policristalinas de silicio, producen, a partir de la radiación solar electricidad CC (corriente continua). La energía eléctrica generada ha de ser adaptada en sus valores de tensión, frecuencia y formas de onda, antes de ser inyectada a la red eléctrica. Esta adaptación la realiza el inversor, equipo que además incorpora las protecciones de seguridad adecuadas de acuerdo con las exigencias técnicas y normativa de la red eléctrica.

La energía inyectada queda reflejada en un contador, el cual definirá los ingresos a recibir por la electricidad generada.

Uno de los factores favorables de los sistemas conectados a la red, es la posibilidad de mejorar la calidad del servicio de la energía suministrada por la red, ya que la máxima producción del sistema fotovoltaico coincide con horas en que los problemas de suministro para las compañías eléctricas son más graves.

### El desarrollo de la energía solar fotovoltaica en España

Entre los años 2001 y 2016 se ha producido un crecimiento exponencial de la producción fotovoltaica, duplicándose aproximadamente cada dos años. La potencia total fotovoltaica instalada en el mundo (conectada a red) ascendía a 16 gigavatios (GW) en 2008, 40 GW en 2010, 100 GW en 2012, 180 GW en 2014 y 300 GW en 2016.

Históricamente, Estados Unidos lideró la instalación de energía fotovoltaica desde sus inicios hasta 1996, cuando su capacidad instalada alcanzaba los 77 MW, más que cualquier otro país hasta la fecha. En los años posteriores, fueron superados por Japón, que mantuvo el liderato hasta que a su vez Alemania la sobrepasó en 2005, manteniendo el liderato desde entonces. A comienzos de 2016, Alemania se aproximaba a los 40 GW instalados. Sin embargo, por esas fechas China, uno de los países donde la fotovoltaica está experimentando un crecimiento más vertiginoso superó a Alemania, convirtiéndose desde entonces en el mayor productor de energía fotovoltaica del mundo. Se espera que multiplique su potencia instalada actual hasta los 150 GW en 2020.

La capacidad total instalada supone ya una fracción significativa del mix eléctrico en la Unión Europea, cubriendo de media el 3,5 % de la demanda de electricidad y alcanzando el 7 % en los períodos de mayor producción. En algunos países, como Alemania, Italia, Reino Unido o España, alcanza máximos superiores al 10 %, al igual que en Japón o en algunos estados soleados de Estados Unidos, como California. La producción anual de energía eléctrica generada mediante esta fuente de energía a nivel mundial equivalía en 2015 a cerca de 184 TWh, suficiente para abastecer las necesidades energéticas de millones de hogares y cubriendo aproximadamente un 1 % de la demanda mundial de electricidad.

España es uno de los países de Europa con mayor irradiación anual. Esto hace que la energía solar sea en este país más rentable que en otros. Regiones como el norte de España, que generalmente se consideran poco adecuadas para la energía fotovoltaica, reciben más irradiación anual que la media en Alemania, país que mantiene desde hace años el liderazgo en la promoción de la energía solar fotovoltaica.

Desde principios de la década de 2000, en concordancia con las medidas de apoyo a las energías renovables que se estaban llevando a cabo en el resto de Europa, se había venido aprobando la regulación que establece las condiciones técnicas y



administrativas, y que supuso el inicio de un lento despegue de la fotovoltaica en España. En 2004, el gobierno español eliminó las barreras económicas para la conexión de las energías renovables a la red eléctrica. El Real Decreto 436/2004 igualó las condiciones para su producción a gran escala, y garantizó su venta mediante primas a la generación.

Gracias a esta regulación, y el posterior RD 661/2007, España fue en el año 2008 uno de los países con más potencia fotovoltaica instalada del mundo, con 2708 MW instalados en un sólo año. Sin embargo, posteriores modificaciones en la legislación del sector ralentizaron la construcción de nuevas plantas fotovoltaicas, de tal forma que en 2009 se instalaron tan sólo 19 MW, en 2010, 420 MW, y en 2011 se instalaron 354 MW, correspondiendo al 2 % del total de la Unión Europea.

En términos de producción energética, en 2010 la energía fotovoltaica cubrió en España aproximadamente el 2 % de la generación de electricidad, mientras que en 2011 y 2012 representó el 2,9 %, y en 2013 el 3,1 % de la generación eléctrica según datos del operador, Red Eléctrica.

A principios de 2012, el Gobierno español aprobó un Real Decreto Ley por el que se paralizó la instalación de nuevas centrales fotovoltaicas y demás energías renovables. A finales de 2015 la potencia fotovoltaica instalada en España ascendía a 4667 MW. En 2017, España cayó por primera vez de la lista de los diez países con mayor capacidad fotovoltaica instalada, al ser superado por Australia y Corea del Sur. Sin embargo, en julio de 2017, el Gobierno organizó una subasta que adjudicó más de 3500 MW de nuevas plantas de energía fotovoltaica, que permitirán a España alcanzar los objetivos de generación de energía renovable establecidos por la Unión Europea para 2020. Como novedad, ni la construcción de las plantas adjudicadas ni su operación supondrá algún coste para el sistema, excepto en el caso de que el precio de mercado baje de un suelo establecido en la subasta. La gran bajada de costes de la energía fotovoltaica ha permitido que grandes empresas hayan licitado a precio de mercado.

### Energías renovables en Andalucía

El 91% de la energía renovables en Andalucía procede de la eólica, solar y la biomasa. En los últimos 10 años las energías renovables han multiplicado por seis su producción en Andalucía, generando electricidad equivalente a la que podrían consumir tres millones de viviendas si toda la producción fuera únicamente para este sector.

Según indica la Agencia Andaluza de la Energía, se distribuyen del 50% de la energía eólica, el 27% de la solar termoeléctrica y fotovoltaica, 14% de la biomasa eléctrica, 9% de la hidráulica, y un porcentaje muy pequeño de otras tecnologías renovables como la energía oceanotérmica.

El aprovechamiento de los altos recursos renovables que posee Andalucía supone dotar a esta de una energía autóctona, segura y en armonía con el medio ambiente, frente a

la amenaza del cambio climático y la acentuación de los problemas de suministro energético.

La región ha sabido adaptarse y su escenario energético ha cambiado en los últimos años, evolucionando desde un sistema centralizado de generación basado en combustibles fósiles, hacia una mayor eficiencia de la generación distribuida que aprovecha los recursos autóctonos renovables. Presenta una destacada y diversificada aportación de energías renovables, lo que la hace menos vulnerable a la variabilidad del recurso renovable con respecto a otras regiones de España.

Andalucía es la primera región de Europa con centrales termosolares en funcionamiento, contando con 997.4 megavatios distribuidos en veintitrés centrales, las cuales, se localizan en las provincias de Sevilla, Córdoba, Granada y Cádiz.

Otra tecnología renovable en la que Andalucía es líder es la biomasa eléctrica. La región cuenta con una potencia total de 257.48 megavatios distribuidos en 18 plantas, que se localizan en Huelva y Córdoba principalmente.

A esto se suma la energía que aportan las 17 plantas de aprovechamiento del gas de vertedero (biogás), que en los últimos años están proliferando en Andalucía, con una potencia eléctrica total instalada de cerca de 30 megavatios.

Con 147 parques eólicos, la región ocupa el cuarto lugar en el ranking español, con una potencia de 3.322,24 megavatios que producen actualmente la electricidad necesaria para el equivalente a 1.5 millones de viviendas. En primer lugar, se encuentra la provincia de Cádiz con 1.307,18 megavatios, seguida de Málaga con 569.71 megavatios y Almería con 511.29 megavatios.

Los usos térmicos de la biomasa y el biogás suponen en Andalucía cerca de dos terceras partes de los recursos consumidos para generación térmica con renovables. Este sector es de gran importancia para Andalucía, por el impacto socioeconómico que el aprovechamiento de la biomasa y la logística de estos recursos tienen en el medio rural.

La comunidad andaluza es la primera en capacidad de producción de biocarburantes, entre las que destacan las fábricas de biodiesel, de ETBE (EtilTerButil-Éter) y de HVO (Hidrobiodiesel).

En lo que se refiere a energía solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria, la región es líder en España.

Por otro lado, el interior de la tierra almacena, en forma de calor, una fuente de energía inagotable y limpia, la energía geotérmica, que permite mediante la tecnología de bomba de calor que se puedan realizar instalaciones de climatización (calefacción y refrigeración). Esta tecnología está en su fase inicial de desarrollo y presenta un futuro muy prometedor.

---

Andalucía cuenta con una instalación oceanotérmica en Palos de la Frontera con 4.5 megavatios. Emplea una energía residual (frio procedente de la vaporización de gas natural licuado) para generar electricidad aprovechando las diferencias de temperatura entre la corriente de gas natural licuado y el medioambiente, en concreto, la masa oceánica atlántica.



## **ANEJO 7. NORMATIVA APLICADA**

## 7. NORMATIVA APLICADA

La normativa de aplicación para la redacción del presente proyecto ha sido la siguiente:

### Legislación de ámbito europeo:

- Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 27 de septiembre de 2001, relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de electricidad (DOCE número 283, de 27 de septiembre de 2001).
- Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
- La ley 25/2009, de 22 de diciembre, introduce cambios en la Ley 54/1997, del sector eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2006/123/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a los servicios en el mercado interior.
- Real Decreto 198/2010, de 26 de febrero, que tiene como objeto adaptar la normativa existente a los nuevos requerimientos contemplados en dicha norma.

### Normativa sobre producción de energía eléctrica:

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico (BOE 27/12/2013). Los artículos 51 y 52 regulan en su artículo 48, la calidad del suministro eléctrico. El artículo 51 e), establece que la Administración General del Estado determinará los índices objetivos de calidad del servicio, así como unos valores entre los que estos índices podrán oscilar, a cumplir tanto a nivel de usuario individual como para cada zona geográfica atendida por un único distribuidor. Asimismo, establece la obligación de las empresas eléctricas de facilitar a la Administración la información, convenientemente auditada, necesaria para la determinación objetiva de la calidad del servicio.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (BOE número 310, de 27 de diciembre de 2000).
- Orden ECO/797/2002, de 22 de marzo (BOE 13/04/2002), por la que se aprueba el procedimiento de medida y control de la continuidad del suministro eléctrico.

- La ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, en su artículo 9, define el autoconsumo y sus modalidades. Garantiza un desarrollo ordenado de la actividad, compatible con la necesidad de garantizar la sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico en su conjunto.
- Disposición adicional duodécima del Real Decreto 738/2015, de 31 de julio (BOE 01/08/2015), por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica y el procedimiento de despacho en los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares.
- Orden ETU/130/2017, de 17 de febrero, por la que se actualizan los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, a efectos de su aplicación al semiperiodo regulatorio que tiene su inicio el 1 de enero de 2017.

#### Normativa sobre instalaciones eléctricas:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC BT 01 a BT 51, en el BOE número 224, de 18 de septiembre de 2002).
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Orden de 10 de marzo de 2000, modificando ITC MIE RAT en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión (BOE 235-2000 de 30/09/2000). Describe los requisitos técnicos de conexión a red que debe cumplir un SFCR, principalmente en lo relativo a las condiciones de seguridad.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Decreto 352/2001 de 18 de diciembre, sobre procedimiento administrativo aplicable a las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a la red eléctrica. DOGC 35544, del 2 de enero de 2002.
- Método de Cálculo y Proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación conectados a redes de tercera categoría, elaborado por la Comisión de Reglamentos de UNESA.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación y que se relacionan en las ITC del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Especificaciones técnicas específicas de la compañía eléctrica distribuidora.

#### Normativa sobre energía solar fotovoltaica:

- Real Decreto 2224/98, del 16 de octubre, por lo que se establece el certificado de profesionalidad de la ocupación de instalador de sistemas fotovoltaicos de pequeña potencia.
- Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica para instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración (BOE de 30 de diciembre de 1998).
- Resolución do 31/05/2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establecen el modelo de contrato tipo y el modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión (BOE el 21/06/2001). Se basa en el R.D. 1663/2000 y es válido para sistemas de hasta 100 kW. de conexión en Baja Tensión.
- Real Decreto 841/2002, de 2 de agosto, por el que se regula para instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de sus previsiones de producción, y la adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida (BOE número 210, de 2 de septiembre de 2002).
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, que modifica el Real Decreto 436/2004 del 12 de marzo, sobre producción de energía eléctrica en régimen especial para instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Ley 30/1992, y sus normas de desarrollo:
  - o UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
  - o UNE-EN 61173:98 “Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos productores de energía. Guía.”
  - o UNE-EN 61727:96 “Sistemas fotovoltaicos. Características da interfaz de conexión a la red eléctrica”.
  - o PNE-EN 50330-1 “Convertidores fotovoltaicos de semiconductores. Parte 1: Interfaz de protección interactivo libre de fallo de compañías eléctricas para convertidores conmutados FV-red. Calificación de diseño y aprobación de tipo”. (BOE 11/05/99).
  - o PNE-EN 61227. “Sistemas fotovoltaicos terrestres generadores de potencia. Generalidades y guía”.

#### Normativa sobre impacto ambiental:

- Real Decreto Legislativo 1302/0986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Ley 3/1998, de 27 de febrero, de la Intervención Integral de la Administración Ambiental.
- Real Decreto 136/1999, de 18 de mayo, para el que se aprueba el Reglamento General de Despliegue de la Ley 3/1998.
- Ley 7/2007 de 9 de agosto, Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

#### Otra normativa:

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril (BOE número 97/23-04-97), por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red (PCT-C-REV-julio 2011) establecidas por el IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía en su apartado destinado a Instalaciones de Energía solar Fotovoltaica).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, teniendo en cuenta las correcciones de errores y modificaciones realizadas sobre el mismo a partir de su publicación en el BOE del 29 de agosto de 2007.
- Reglamento de seguridad e Higiene en el trabajo (L31/95).
- Normativa Autonómica, Provincial y Municipal para este tipo de instalaciones.
- Normativa propia de la empresa eléctrica suministradora.

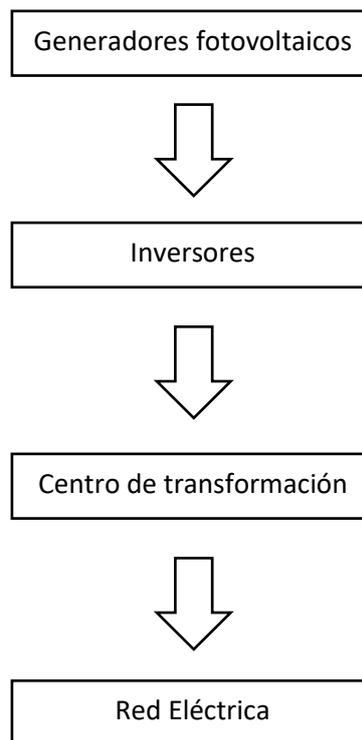
En cualquier caso, en la obra se aplicarán aquellas ordenes o normas que, aunque no estén contempladas en los decretos mencionados, sean de obligado cumplimiento, siendo una central de producción eléctrica que cumpla todas las normas del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) vigente.

## **ANEJO 8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN**

## 8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

La planta fotovoltaica que se va a instalar tiene como objetivo generar energía eléctrica de origen renovable a partir del sol. Esta energía generada será exportada íntegramente a la red por Endesa, la compañía distribuidora de energía de la zona.

Para ello, su funcionamiento está basado en un sencillo esquema conectado a la red:



Los generadores fotovoltaicos están formados por una serie de paneles o módulos fotovoltaicos del mismo modelo conectados entre sí, los cuales tienen la función de captación de los rayos solares procedentes del Sol para su posterior transformación en energía eléctrica generando una corriente eléctrica continua proporcional a la irradiancia solar que incide sobre ellos.

Los inversores son los encargados de transformar la corriente continua generada por el campo solar en corriente alterna, con una forma de onda senoidal y una frecuencia de 50 Hz, la frecuencia utilizada en Europa. Este paso es muy necesario ya que no es posible enviar la energía del generador fotovoltaico directamente a la red eléctrica. Tras este paso, ya es posible suministrar la energía producida a la red eléctrica.

Tras su paso por los inversores, la energía es conducida de forma individual hasta el centro de transformación, donde se transforma la tensión de salida de la instalación

fotovoltaica a la tensión de tensión de descarga de la línea eléctrica mediante los transformadores para posteriormente inyectarla a la Red Eléctrica. También se lleva a cabo la cuantificación de la energía producida mediante una celda de medida.

Finalmente se lleva a cabo la descarga a la Red Eléctrica a través de un tramo subterráneo de Media Tensión (MT) que sale del centro de transformación y de una línea aérea.

La energía generada se venderá a Endesa, empresa distribuidora de la zona, medida por los correspondientes contadores, tal y como marca el Real Decreto 661/2007, del 25 de mayo, mencionada anteriormente, sobre la producción de la energía eléctrica para instalaciones abastecidas por fuentes de energías renovables.

La instalación fotovoltaica estará constituida por los siguientes elementos:

- Generador fotovoltaico.
- Paneles o módulos fotovoltaicos.
- Estructura soporte.
- Inversor.
- Centro de transformación.
- Protecciones eléctricas.
- Medida.
- Puesta a tierra de la instalación.
- Conexión a red.
- Sistemas de consumo auxiliares.
- Sistemas de monitorización y acceso web.
- Instalaciones de seguridad y vigilancia.

## **ANEJO 9. POTENCIA A INSTALAR Y VIDA ÚTIL**

## 9. POTENCIA A INSTALAR Y VIDA ÚTIL

La planta fotovoltaica tiene una potencia pico a instalar de 6,013 MW. Esta potencia coincide con la potencia pico de un panel fotovoltaico, multiplicada por el número total de paneles. En este caso se instalarán 20.736 paneles de 290 W cada uno.

Los inversores y los transformadores se dimensionarán para no limitar la potencia de la instalación, por lo que el parámetro a considerar será este valor de potencia pico.

La vida útil del Proyecto se estima en 25 años. No obstante, al término de este periodo se evaluará mantener en operación la planta, pudiendo ser su vida útil de unos 5 o 10 años más.

Desde el punto de vista de la eficiencia de la planta solar fotovoltaica, hay que tener presente que se produce un aumento de las pérdidas de año en año, estimándose que al final de su vida útil el rendimiento de la planta solar fotovoltaica se puede haber reducido en un 20-25%.

En el estudio económico se aplicará un coeficiente de pérdida de productividad anual, el cual será más alto en los últimos años de vida de la planta, ya que envejecimiento o la pérdida de productividad no es lineal.

Por último, se tendrá en cuenta un valor residual de la instalación a los 25 años, que represente el precio al cual podría ser vendida.

## **ANEJO 10. ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA**

## 10. ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

La elección de la tecnología adecuada es uno de los puntos más importantes en el proyecto. Principalmente, es conveniente acertar con el tipo de módulo fotovoltaico y con el tipo de inversor para obtener una buena relación calidad-precio.

### TIPO DE MÓDULO FOTOVOLTAICO

En cuanto al tipo de módulo fotovoltaico, se está siempre en continua evolución acerca de sus células para obtener nuevos materiales con mejores rendimientos, pero normalmente son materiales de un coste muy elevado lo cual imposibilita su comercialización. En la actualidad, el material más utilizado es el silicio.

El silicio usado en fotovoltaica puede tener varias formas. La mayor diferencia entre ellas es la pureza del silicio usado. Cuanto más puro es el silicio, mejor alineadas están sus moléculas, y mejor convierte la energía solar en electricidad. Por tanto, la eficiencia de los paneles solares va de la mano con la pureza del silicio, pero los procesos para aumentar la pureza son muy caros. Por ello, a la hora de elegir un buen panel, lo mejor es tener en cuenta la relación coste-eficiencia por  $m^2$ . El silicio cristalino es la base de las celdas monocristalinas y policristalinas.

Dentro de los tipos de silicio, se pueden diferenciar tres grandes grupos:

#### Paneles monocristalinos de celdas de silicio

Las celdas solares de silicio monocristalino (mono-Si), son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio. Las celdas monocristalinas se fabrican con bloques de silicio o ingots, que son de forma cilíndrica. Para optimizar el rendimiento y reducir los costes de cada celda solar monocristalina, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio, y que les da esa apariencia característica.

Una de las formas más sencillas para saber diferenciar un panel solar monocristalino o policristalino, es que en el policristalino las celdas son perfectamente rectangulares y no tienen esquinas redondeadas.

Ventajas de los paneles solares monocristalinos:

- Los paneles solares monocristalinos tienen las mayores tasas de eficiencia puesto que se fabrican con silicio de alta pureza. La eficiencia en estos paneles está por encima del 15% y en algunas marcas supera el 21%.

- La vida útil de los paneles monocristalinos es más larga. De hecho, muchos fabricantes ofrecen garantías de hasta 25 años.
- Suelen funcionar mejor que paneles policristalinos de similares características en condiciones de poca luz.
- Aunque el rendimiento en todos los paneles se reduce con temperaturas altas, esto ocurre en menor medida en los policristalinos que en los monocristalinos.

Desventajas de los paneles monocristalinos:

- Son más caros. Valorando el aspecto económico, para uso doméstico resulta más ventajoso usar paneles policristalinos o incluso de capa fina.
- Si el panel se cubre parcialmente por una sombra, suciedad o nieve, el circuito entero puede averiarse. Si decide poner paneles monocristalinos, pero cree que pueden quedar sombreados en algún momento, lo mejor es usar micro inversores solares en vez de inversores en cadena o centrales. Los micro inversores aseguran que no toda la instalación solar se vea afectada por sólo un panel afectado.
- El proceso Czochralski es el usado para la fabricación de silicio monocristalino. Como resultado, se obtienen bloques cilíndricos. Posteriormente, se recortan cuatro lados para hacer las láminas de silicio. Se derrocha una gran cantidad de silicio en el proceso.

#### Paneles policristalinos de silicio

A diferencia de los paneles monocristalinos, en su fabricación no se emplea el método Czochralski. El silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas.

Ventajas de los paneles policristalinos:

- El proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos policristalinos es más simple, lo que redundará en menor precio. Se pierde mucho menos silicio en el proceso que en el monocristalino.

Inconvenientes de los paneles policristalinos:

- Los paneles policristalinos suelen tener menor resistencia al calor que los monocristalinos. Esto significa que en altas temperaturas un panel policristalino funcionará peor que un monocristalino. El calor además puede afectar a su vida útil, acortándola.
- La eficiencia de un panel policristalino se sitúa típicamente entre el 13-16%, debido a que no tienen un silicio tan puro como los monocristalinos.
- Mayor necesidad de espacio. Se necesita cubrir una superficie mayor con paneles policristalinos que con monocristalinos.

## Paneles solares fotovoltaicos de capa fina

El fundamento de estos paneles es depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado, hay varios tipos de paneles de capa fina de silicio amorfo (a-Si), de telururo de cadmio (CdTe), de cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC).

Dependiendo del tipo, un módulo de capa fina presenta una eficiencia del 7-13%. Debido a que tienen un gran potencial para uso doméstico, son cada vez más demandados.

Ventajas de los paneles fotovoltaicos de capa fina:

- Se pueden fabricar de forma muy sencilla y en grandes remesas. Esto hace que sean más baratos que los paneles cristalinos.
- Tienen una apariencia muy homogénea.
- Pueden ser flexibles, lo que permite que se adapten a múltiples superficies.
- El rendimiento no se ve afectado tanto por las sombras y altas temperaturas.
- Son una gran alternativa cuando el espacio no es problema.

Desventajas de los paneles de capa fina:

- Aunque son muy baratos, por su menor eficiencia requieren mucho espacio. Un panel monocristalino puede producir cuatro veces más electricidad que uno de capa fina por cada metro cuadrado utilizado.
- Al necesitar más paneles, también hay que invertir más en estructura metálica, cableado, etc.
- Los paneles de capa fina tienden a degradarse más rápido que los paneles monocristalinos y policristalinos, por ello los fabricantes también ofrecen menor garantía.

Una vez estudiados los diferentes tipos, el que mejor se adapta para instalar en la planta fotovoltaica es el módulo de silicio monocristalino, ya que son los que presentan una mejor relación rendimiento-precio y mejorar la eficiencia, ya que no se incluye un seguimiento a un eje.

## TIPO DE INVERSOR

Los inversores estáticos utilizan, para efectuar la conmutación, dispositivos semiconductores de potencia, los cuales funcionan únicamente de dos modos: modo corte (off) y modo saturación (on). Por ello, la señal alterna de salida que se obtiene es cuadrada. Una señal cuadrada puede convertirse en sinusoidal mediante filtros de potencia. El proceso de filtrado de los armónicos más cercano al fundamental requiere voluminosos condensadores y bobinas que reducirán el rendimiento del sistema, así como dispositivos de conexión / desconexión de los mismos.

Por esto, un objetivo a tener en cuenta cuando se diseñan inversores fotovoltaicos es obtener señales de salida, en las cuales los armónicos que aparezcan sean de pequeño valor y estén lo más lejos posible del fundamental. Esto se conseguirá aumentando la frecuencia de conmutación de los semiconductores y filtrando adecuadamente la señal obtenida.

Una de las funciones que debe cumplir cualquier inversor solar es la de regular el valor de la tensión de salida. Esto se consigue básicamente de tres distintas formas:

- Regulando la tensión antes del inversor (convertidores DC/DC).
- Regulando la tensión en el propio inversor mediante un sistema de control (variando el ángulo de fase, mediante modulación de ancho de pulso (PWM)).
- Regulando a la salida del inversor (mediante un autotransformador)

Los parámetros característicos de un inversor solar son:

- Tensión Nominal: es la tensión que se debe aplicar a los terminales de entrada del inversor.
- Potencia Nominal: es la potencia que puede suministrar el inversor de forma continuada.
- Capacidad de sobrecarga: se refiere a la capacidad del inversor para suministrar una potencia considerablemente superior a la nominal, así como el tiempo que puede mantener esta situación.
- Forma de onda: en los terminales de salida del inversor aparece una señal alterna caracterizada principalmente por su forma de onda y los valores de tensión eficaz y frecuencia de la misma.
- Eficiencia (rendimiento): es la relación, expresada en tanto por ciento, entre las potencias presentes a la salida y a la entrada del inversor. Su valor depende de las condiciones de carga del mismo, es decir de la potencia total de los aparatos de consumo alimentados por el inversor en relación con su potencia nominal.

Los inversores de uso fotovoltaico se clasifican generalmente atendiendo a dos criterios:

- Su aplicación.
- Su forma de onda.

Y más ampliamente, se habla de dos grupos:

- El inversor fotovoltaico de conexión a red.
- El inversor fotovoltaico para sistemas de 12V, 24V... con baterías.

### Inversores fotovoltaicos para conexión a red:

Son los utilizados en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica externa. Este tipo de inversor, llamado habitualmente inversor solar para conexión a red, debe disponer de unas características y cumplir unos requisitos reglamentarios específicos. Clasificación según su forma de onda:

- De onda cuadrada: característica de algunos inversores económicos de baja potencia, aptos para la alimentación exclusiva de aparatos puramente resistivos, como elementos de iluminación y otros.
- De onda cuadrada modulada: también característica de inversores de baja potencia, pero con un espectro de posibles elementos de consumo más amplio que el tipo anterior, que incluye alumbrado, pequeños motores y equipos electrónicos no muy sensibles a la señal de alimentación.
- De onda senoidal pura: este tipo de inversores proporciona una forma de onda a su salida que, a efectos prácticos, se puede considerar idéntica a la de la red eléctrica general, permitiendo así la alimentación de cualquier aparato de consumo o, en su caso la conexión a red.
- De onda senoidal modificada (o trapezoidal): intermedio entre los dos anteriores, permite ampliar el espectro de elementos de consumo y de potencia, limitado en el de onda cuadrada modulada.

En resumen, la elección de los inversores con una potencia pequeña será beneficioso ya que son bastante más baratos y supone un riesgo menor, debido a que son bastante menos problemáticos que los de máxima potencia. Esto implica que hay un mayor número de inversores posibles en comparación a si se utiliza uno de gran potencia. Esta decisión también esta basada en el funcionamiento de la planta, ya que, obtener un mayor número de inversores de pequeña potencia, nos asegura, que, en caso de producirse un fallo en uno de ellos, no se vea involucrado el funcionamiento de toda la planta, sino una pequeña parte de ella.

### TIPO ESTRUCTURA DEL PANEL FOTOVOLTAICO

Al margen de las células fotovoltaicas y sus conexiones, un panel esta compuesto por los siguientes elementos:

- Marco de aluminio: recubre los bordes de la estructura del panel, aportando protección mecánica. Su comportamiento en cuanto a resistencia a la intemperie debe ser optimo, estableciendo una duración de vida media de un panel entre los 20 y 25 años, en función del fabricante.
- Cubierta de vidrio: protege al laminado fotovoltaico. Debe presentar unas propiedades ópticas óptimas para favorecer que llegue el mayor número de fotones posibles al interior del panel.

- Encapsulantes: las células fotovoltaicas no se encuentran sueltas dentro del panel. Se utilizan encapsulantes como la resina EVA para aportar una protección adicional contra humedad.
- Cubierta posterior: aporta protección en la parte posterior del panel, donde no se necesita un material transparente como el vidrio.
- Cajetín: el cajetín de conexión se suele situar en la parte posterior, ha de ser estanco (IP65) e incluye los diodos de by-pass, bornes de conexión, etc.
- Agujero de fijación: para facilitar el anclaje de los paneles en su soporte.

## **ANEJO 11. GENERADOR FOTOVOLTAICO**

## 11. GENERADOR FOTOVOLTAICO

El tipo de panel fotovoltaico es una de las decisiones más importantes de cara a la construcción de la planta fotovoltaica, debido a que los paneles finalmente instalados van a suponer la mayor parte del coste total del proyecto a realizar, siendo muy importantes para la vida y la rentabilidad de esta instalación.

Dentro de los módulos de silicio monocristalinos, hay que centrarse en los siguientes parámetros para obtener una adecuada elección del tipo de panel fotovoltaico:

- Potencia: al ser una gran instalación, interesa ir a un módulo con la mayor potencia posible dentro de la gama comercial a la que hay acceso. Interesan paneles con potencia pico entorno a los 300 Wpico.
- Eficiencia: cociente entre la potencia eléctrica que nos genera el panel y la potencia irradiada sobre el mismo, para unas condiciones determinadas. Siempre es un factor favorable, ya que una mayor eficiencia nos permite reducir el área física de actuación de la instalación de la planta. Si para una misma potencia instalada se reducen las dimensiones físicas ocupadas, se producirá un ahorro en costes de estructuras, cableados, canalizaciones, etc., y, por consiguiente, menores pérdidas por efecto Joule en los cableados.
- Precio: por razones lógicas, es uno de los factores con más peso a la hora de la elección del panel por Wpico de potencia.
- Pérdida de eficiencia en función de la temperatura de trabajo: es un factor importante, ya que cuando más producen estas instalaciones es precisamente cuando más potencia irradiada reciben del sol, y por tanto cuando van a estar sometidos a mayor temperatura.
- Pérdida de características con el paso de los años: ya que este tipo de instalaciones requieren fuertes inversiones iniciales, que solo podrían ser viables por la durabilidad de los elementos de la instalación durante periodos de tiempo suficientes para que la inversión sea rentable.

Teniendo en cuenta esta serie de parámetros, se han seleccionado cuatro modelos distintos de paneles de silicio monocristalinos, con distintas potencias pico en función de las demandas de la planta, obtenidos de distintos fabricantes:

- Panel SW 290 (290 W).
- Panel RED 165-36M (165 W).
- Panel A-325M (325 W).
- Panel Merka-200 (200 W).

<b>TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
<b>Modelo</b>	<b>SW 290</b>	<b>RED 165-36M</b>	<b>A-325M</b>	<b>Merka-200</b>
Fabricante	SOLAR WORLD	RED SOLAR	Atersa	Merkasol
<b>Potencia pico (W)</b>	<b>290</b>	<b>165</b>	<b>325</b>	<b>200</b>
Tolerancia de potencia positiva (%Wp)	0-10	0-3	0-5	0-3
V circuito abierto - Voc (V)	39.60	22.71	46.43	45.2
V máx. potencia - Vmpp (V)	31.90	18.92	37.82	36.9
I corto circuito - Isc (A)	9.75	9.85	9.06	5.72
I máx. potencia - Imp (A)	9.20	8.72	8.60	5.43
<b>Eficiencia (%)</b>	<b>17.30</b>	<b>19.75</b>	<b>16.49</b>	<b>15.67</b>
Temperatura nominal (°C)	46	45	45	45
Coef. Temperatura I (%/K)	0.070	0.037	0.04	0.056
Coef. Temperatura V (%/K)	-0.29	-0.34	-0.32	-0.33
Coef. Temperatura P (%/K)	-0.39	-0.48	-0.43	-0.43
Max corriente inversa (A)	25.0	15	15.1	10
Rango temperatura (°C)	-40 a 85			
Evolución temporal potencia	Lineal			
<b>Años hasta 80% potencia nominal</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
<b>Tecnología cristal empleada</b>	<b>Silicio monocristalino</b>			
Largo (mm)	1675	1482	1965	1580
Ancho (mm)	1001	680	990	808
Alto (mm)	33	35	40	35
Peso (kg)	18	12	22.5	15.5
<b>Garantía producto años</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
<b>Precio del panel (€)</b>	<b>157.10</b>	<b>196.67</b>	<b>265.70</b>	<b>187.55</b>

Una vez obtenidos todos los parámetros de los cuatro paneles fotovoltaicos seleccionados, es momento de analizar con determinación uno a uno, para tras una comparativa, seleccionar el modelo de panel fotovoltaico utilizado en la planta.

Para realizar dicha comparativa se destacan principalmente seis campos: potencia pico, eficiencia, años que el fabricante garantiza hasta el 80% de potencia nominal, tecnología del cristal empleada, garantía del producto y el precio por Wpico.

En cuanto a la potencia pico, los cuatro paneles tienen potencias diferenciadas. Se podría descartar el panel fabricado por RED SOLAR, debido a su mínima potencia con respecto a los otros 3 fabricantes, ya que para la planta objeto, el objetivo inicial es trabajar con un valor en torno a los 300 vatios pico. Los otros tres modelos de paneles monocristalinos serían totalmente válidos.

Haciendo referencia al apartado de la eficiencia, se puede observar claramente que el panel fabricado por RED SOLAR, tiene una eficiencia casi del 20%, superior a la de los otros tres paneles seleccionados, que se sitúan entre el 15.67% y el 17.30%.

El siguiente punto a analizar son los años que el fabricante garantiza hasta que el módulo llega por envejecimiento al 80% de su potencia nominal. En este caso, los resultados son muy parejos, obteniendo en dos de los casos 25 años de garantía, mientras que los otros dos nos pueden garantizar 30 años.

Respecto a la tecnología del cristal empleada no se puede hacer ninguna distinción, ya que los cuatro paneles seleccionados utilizan la tecnología de silicio monocristalino.

El siguiente punto es la garantía que el fabricante nos garantiza del producto por años, donde, salvo en el panel SW 290 que tiene una garantía de 20 años, en el resto tampoco hay una gran diferencia entre los tres paneles, obteniendo en todos ellos una garantía de 10 años, salvo en el caso del panel de Merkasol, donde hay una garantía superior, en este caso, de 12 años.

Y, por último, y prácticamente el factor más determinante, junto con la potencia y la eficiencia, a la hora de realizar la selección. Se analiza el precio de los cuatro paneles. Se trata nada más que de una pequeña estimación, ya que el precio final de la instalación de dichos paneles puede ir variando desde el inicio hasta el momento de ejecución de la obra. Sin embargo, para hacer una pequeña estimación se solicita a los cuatro fabricantes unos precios orientativos de los paneles fotovoltaicos. Los precios son los siguientes:

- Panel SW 290 fabricado por Solar World:157.10€.
- Panel RED 165-36M fabricado por RED SOLAR:196.67€.
- Panel A-325M fabricado por Atersa:265.70€.
- Panel Merka-200 fabricado por Merkasol:187.55€.

Con los precios orientativos de cada panel y su potencia pico se obtiene el precio por vatio pico de cada panel, dato de mucho interés a la hora de realizar la selección. A continuación, se pueden apreciar los precios:

- Panel SW 290 fabricado por Solar World: 0.547 €/Wp.
- Panel RED 165-36M fabricado por RED SOLAR: 1.191 €/Wp.
- Panel A-325M fabricado por Atersa: 0.817 €/Wp.
- Panel Merka-200 fabricado por Merkasol: 0.937 €/Wp.

Por tanto, que el menor precio por vatio pico corresponde al modelo fabricado por Solar World, con 0.547 €/Wp.

Este precio vuelve a ser orientativo, ya que como se ha explicado antes, el precio será marcado a la hora de la ejecución final de la obra, ya que puede sufrir muchas modificaciones durante su construcción.

#### Panel fotovoltaico de silicio monocristalino SW 290

Una vez realizado el análisis completo de los parámetros más relevantes de los cuatro paneles, es el momento de realizar la elección.

En este caso, se utiliza el modelo de panel fotovoltaico de silicio monocristalino SW 290, fabricado por la compañía Solar World, con una potencia pico de 290 W, ya que es superior al resto de paneles en cuanto a potencia pico y a eficiencia, además de tener un precio inicial indicativo mucho más inferior que las otras tres alternativas.

Otra información adicional sobre este fabricante es la siguiente:

- Fabricación con nueva tecnología Mono PERC, con un rendimiento 1-2% superior a la tecnología tradicional.
- Desde el 1 de enero de 2017, todos los paneles Solar World poseen una garantía de producto de 20 años. Único fabricante del mundo con esta cobertura.
- Desde el 1 de enero de 2017, todos los paneles Solar World poseen una tolerancia de potencia positiva 0/+10W. Único fabricante en el mundo con este formato.
- Los módulos Solar World poseen los mejores resultados de calidad y rendimiento del mercado fotovoltaico.
- Fabricación 100% alemana.

A continuación, se incluye la tabla con todas las características del panel fotovoltaico:

TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DEL PANEL SW 290	
Modelo	SW 290
Fabricante	SOLAR WORLD
<b>Potencia pico (W)</b>	<b>290</b>
Tolerancia de potencia positiva (%Wp)	0-10
V circuito abierto - Voc (V)	39.60
V máx. potencia - Vmpp (V)	31.90
I corto circuito - Isc (A)	9.75
I máx. potencia - Impp (A)	9.20
<b>Eficiencia (%)</b>	<b>17.30</b>
Temperatura nominal (°C)	46
Coef. Temperatura I (%/K)	0.070
Coef. Temperatura V (%/K)	-0.29
Coef. Temperatura P (%/K)	-0.39
Max corriente inversa (A)	25.0
Rango temperatura (°C)	-40 a 85
Evolución temporal potencia	Lineal
<b>Años hasta 80% potencia nominal</b>	<b>25</b>
<b>Tecnología cristal empleada</b>	<b>Silicio monocristalino</b>
Largo (mm)	1675
Ancho (mm)	1001
Alto (mm)	33
Peso (kg)	18
<b>Garantía producto años</b>	<b>20</b>
<b>Precio del panel (€)</b>	<b>157.10</b>

En las siguientes graficas se muestran las curvas características I-V de este panel, para distintas irradiancias.

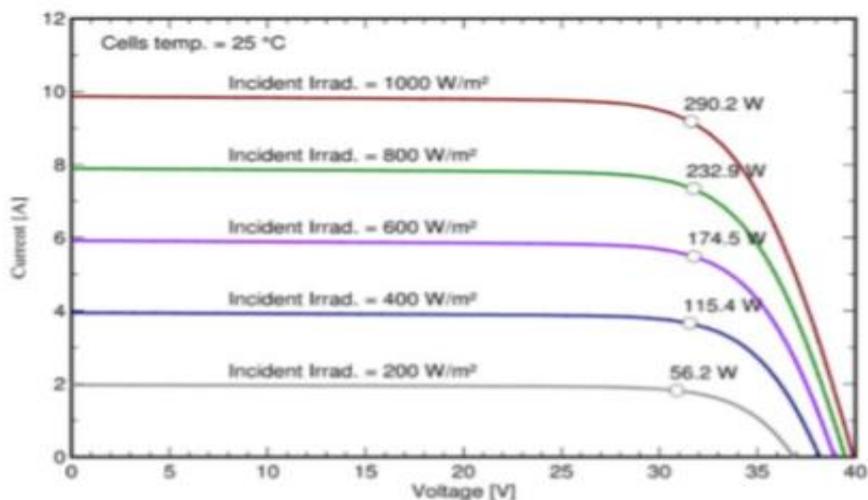


Figura 10. Curva característica I-V

## Estructura de soporte del panel fotovoltaico

Además de seleccionar el tipo de panel adecuado a la instalación, es necesario escoger una estructura de soporte correcta sobre la que colocar los paneles fotovoltaicos seleccionados.

En este caso, la estructura soporte tendrá que ser la adecuada para la disposición física de las agrupaciones de paneles que se van a implantar en la planta.

Para ello, se ha seleccionado la empresa Merkasol Energías Renovables. Dicha empresa se encarga de distribuir y vender material de fijación para sistemas solares del fabricante mundial Würth, el cual nos proporcionará una estructura de soporte adecuada al Panel SolarWorld 290.

El sistema estructural es de aluminio anodizado para cubierta y suelo plano principalmente. La empresa suministra los componentes a medida para las dimensiones y disposición específica de los paneles. Permite inclinaciones entre 20 y 40 grados, periodo en el que oscilará el ángulo de inclinación óptimo calculado en posteriores apartados.

El modelo seleccionado para la planta es la “Estructura Aluminio Suelo 2 panel”. La estructura se compone de:

- Dos perfiles travesaño.
- Dos triángulos.
- Cuatro escuadras soporte de travesaño a triángulo.
- Cuatro grapas finales.
- Dos grapas intermedias.
- Ocho tornillos con tuerca M8 20 mm.

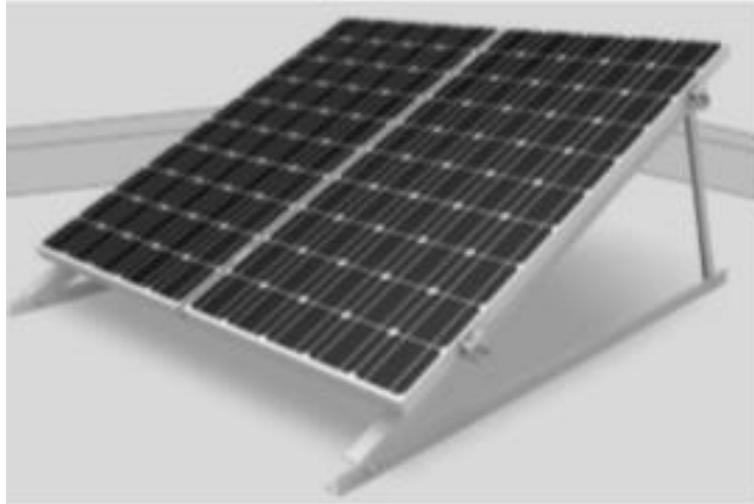
La empresa Merkasol Energías renovables nos garantiza el envío del producto en dos días, uno de los factores por el que se utiliza este modelo. Tiene un rápido montaje gracias al suministro de todos los componentes del sistema prefabricado, así como al innovador montaje mediante un “clic”, el cual reduce enormemente el tiempo de montaje.

Todos los componentes del sistema están fabricados en aluminio o acero inoxidable A2 de alta calidad, de manera que queda garantizada una gran resistencia a la corrosión proporcionando una larga vida útil.

Tiene un sistema de máxima seguridad. El sistema de fijación es verificable con el programa de cálculo de dimensionado solar según las cargas estáticas de las distintas cubiertas y es conforme a los requisitos de DIN 1055.

La estructura seleccionada tiene un precio de 157,30 €. En el apartado de presupuesto queda definido el precio total y el número de estructuras de soporte a utilizar.

La siguiente imagen muestra un esquema de este sistema.



*Figura 11. Ejemplo de modelo de estructura de soporte*

Como se puede apreciar en la imagen, los paneles fotovoltaicos quedan colocados prácticamente pegados al suelo, por lo que se desprecia la altura del soporte, a la hora de calcular la distancia mínima para colocar los paneles fotovoltaicos en la planta.

## ANEJO 12. INVERSORES

## 12. INVERSORES

El inversor es el elemento destinado a convertir la potencia generada en corriente continua por los grupos de paneles fotovoltaicos, en potencia que se inyectará en la red en corriente alterna a 50 Hz, frecuencia utilizada en Europa. Su elección es otra parte fundamental a la hora de realizar la planta, lo cual implica realizar una selección entre varios modelos para dar con el inversor adecuado.

La elección de los inversores con una potencia pequeña será beneficioso ya que son bastante más baratos y supone un riesgo menor, debido a que son bastante menos problemáticos que los de máxima potencia. Esto implica que se utilicen un mayor número de inversores posibles en comparación con si se utiliza uno de gran potencia.

Teniendo en cuenta ciertas condiciones, previamente explicadas, para la elección adecuada, se han seleccionado cuatro modelos de inversores de dos compañías distintas de fabricantes y de dos rangos de potencia nominal, dado que todavía se desconocen cual serán finalmente los más adecuados. Así que hay que realizar una pequeña estimación de la planta con los siguientes modelos de inversores:

- Inversor XC630, fabricado por SCHNEIDER.
- Inversor PVS800-570630 kW-B, fabricado por ABB.
- Inversor PRO-33.0-TL-OUTD, fabricado por ABB.
- Inversor TRIO-50.0-TL-OUTD, fabricado por ABB.

**TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS INVERSORES**

Modelo	<b>XC630</b>	<b>PVS800-57-0630 kW-B</b>	<b>PRO-33.0-TL-OUTD</b>	<b>TRIO-50.0-TL-OUTD</b>
Fabricante	SCHNEIDER	ABB	ABB	ABB
<b>Entrada corriente continua</b>				
V mín. PMP (V)	510	525	580	480
V máx. PMP (V)	800	825	950	800
V máx. circ abierto (V)	1000	1000	1100	1000
I ent máx (A)	1280	1240	58	108
I ent máx corto circuito (A)	2200	2300	80	160
<b>Salida corriente alterna</b>				
<b>P nom (kW)</b>	<b>630</b>	<b>630</b>	<b>33</b>	<b>50</b>
Rendimiento (%)	98.4	98.4	98.0	98.3
Tensión salida CA (V) 3F	350	350	400	400
Distorsión armónica máx (%)	3	3	3	3
Intensidad nom salida (A)	1040	1040	50.3	77
<b>Características mecánicas</b>				
Alto (cm)	208.5	213.0	74.0	72.5
Ancho (cm)	240.0	263.0	52.0	149.1
Profundo (cm)	66.0	64.6	30.0	3.5
Peso (kg)	1590	1800	66	95

Inversor PRO-33.0-TL-OUTD fabricado por ABB

Una vez realizado el análisis completo de los parámetros de los cuatro inversores, es el momento de realizar la elección.

Teniendo en cuenta los dos rangos de potencias nominales de los inversores, se ha decidido escoger uno de los inversores de pequeña potencia, lo cual implica, la utilización de un mayor número de ellos en la planta.

En este caso, se utiliza el modelo de inversor PRO-33.0-TL-OUTD, fabricado por la compañía ABB, con una potencia nominal de 33 kW, la cual era la más atractiva para esta elección.

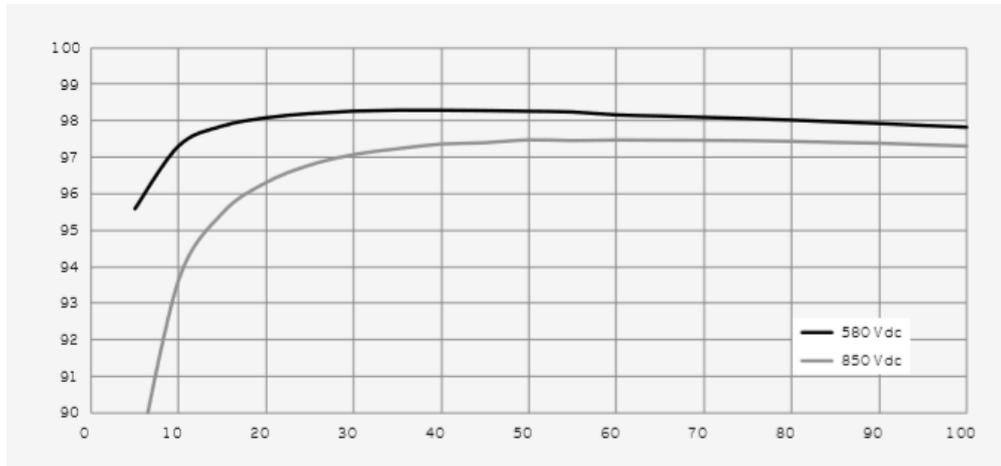
También se ha tenido en cuenta la posibilidad de integración con otros elementos de la instalación, donde los inversores fabricados por SCHNEIDER Y ABB, abarcan una gama de productos muy amplia.

El fabricado por ABB, además de lo ya mencionado, nos permite una mayor facilidad para obtener contacto tanto comercial como de soporte técnico.

A continuación, aparece indicada la tabla con todas las características del inversor:

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DEL INVERSOR PRO-33.0-TL-OUTD	
Modelo	PRO-33.0-TL-OUTD
Fabricante	ABB
Entrada corriente continua	
V mín. PMP (V)	580
V máx PMP (V)	950
V máx circ abierto (V)	1100
I ent máx (A)	58
I ent máx corto circuito (A)	80
Salida corriente alterna	
P nom (kW)	33
Rendimiento (%)	98.0
Tensión salida CA (V) 3F	400
Distorsión armónica máx (%)	3
Intensidad nom salida (A)	50.3
Características mecánicas	
Alto (mm)	740
Ancho (mm)	520
Profundidad (mm)	300
Peso (kg)	66
Precio del inversor (€)	4.224,56

El inversor seleccionado fabricado por ABB presenta la siguiente curva de eficiencia:



*Figura 12. Curva de eficiencia del inversor*



## **ANEJO 13. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

## 13. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Como se ha explicado en apartados anteriores, el centro de transformación tiene la misión de suministrar la energía proveniente de la planta solar fotovoltaica situada en la misma finca donde se construirá dicho centro.

Para obtener la potencia de la instalación objeto del proyecto, se necesita contar con varios transformadores para convertir esa energía y transportarla a la red de media tensión, con la que finalmente hay que trabajar.

Para llevar a cabo dicha transformación, la instalación contará con 4 centros de transformación iguales, los cuales, cada uno pertenece a una de las 4 zonas en las que se divide la instalación.

En cada centro de transformación hay que contar con los siguientes elementos:

- Transformador.
- Celdas de media tensión.
- Edificio que albergue el conjunto de elementos que lo componen.

Se colocarán 48 inversores de 33 kW para cada centro, seleccionados previamente el modelo y su respectiva potencia a utilizar en los apartados anteriores, con sus respectivas protecciones en los lados de continua y alterna. El inversor a utilizar no tiene aislamiento galvánico entre el lado de continua y el lado de alterna, ya que este aislamiento se le proporciona el transformador de potencia al que se conectará en su salida.

En cada planta se coloca un transformador de 1260 kVA. Dicho transformador tendrá 4 devanados de baja tensión conectados a las salidas de los inversores y el devanado de media tensión, que convertirá la tensión de salida al nivel de tensión de la red de media tensión de 20 kV. Para agrupar los 48 inversores en un único transformador, será necesario conectarles a devanados independientes del transformador, es decir, dicho transformador tendrá que tener 2 arrollamientos primarios y uno secundario. Los transformadores, además de lo ya mencionado, deben contar con una serie de características debido a ciertos motivos:

- Se debe sobredimensionar el núcleo debido a que los armónicos generados por el inversor en la tensión producen un incremento de las pérdidas de vacío, así como incremento en el nivel de ruido, además de provocar una saturación en él.
- También es necesario sobredimensionar el transformador para obtener una mayor potencia equivalente, ya que los armónicos generados por el inversor en la corriente producen efectos en las pérdidas de carga.

- Se recomienda la instalación de pantallas electrostáticas entre los devanados de alta y baja tensión para evitar el acoplamiento capacitivo del lado de baja tensión y el lado de alta tensión y proteger los componentes electrónicos del inversor de posibles sobretensiones del lado de alta.

El transformador a utilizar cuenta con las siguientes características:

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR	
Fabricante	SCHNEIDER
Denominación	Minera PV-1260
Potencia (kVA)	1.260
Tensión primaria entre fases (KV)	4 x 1.503
Tensión secundaria (V)	20
Nivel de tensión de aislamiento primario (kV)	24
Rango de regulación (%)	-5, -2.5, 0, +2.5, +5
Grupo de conexión	Dy11y11
Pérdidas en vacío (W)	1.350
Pérdidas en plena carga (W)	11.000
Tensión de cortocircuito (%)	6
Tipo de refrigerante	Aceite mineral
Estándar	EN 50464-1m EN 60076-1 hasta 10
Peso de aceite (kg)	1.150
Peso total (kg)	4.200

Y, por último, será necesaria la construcción de un edificio que albergue todo el conjunto de elementos previamente mencionados. Dicho edificio tiene que contar con la envolvente necesaria para las estaciones fotovoltaicas integradas, dejando a un lado los clásicos edificios prefabricados de hormigón.

## **ANEJO 14. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN**

## 14. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN

El montaje de la instalación eléctrica se llevará a cabo siguiendo la normativa vigente mencionada en apartados anteriores, y centrando su diseño en intentar disminuir las pérdidas de generación al mínimo recomendable. Se instalarán todos los elementos de seccionamiento y protección.

La instalación eléctrica está formada por la instalación en baja tensión de la interconexión de las cadenas de módulos fotovoltaicos, la interconexión de los grupos con las cajas de conexionado de strings, y de ahí a los inversores. Se realizará la conexión trifásica en baja tensión desde los inversores utilizados hasta el centro de transformación, todo ello, siguiendo unas canalizaciones adecuadas para cada disposición.

Como medida de protección de la instalación y con el fin de maximizar la vida útil del generador y asegurar la continuidad de la producción, se instalarán los siguientes elementos de protección:

- Interruptor general manual. Es un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.
- Interruptor automático diferencial, como protección contra derivaciones en la parte de alterna de la instalación.
- Interruptor automático de interconexión controlado por software, controlador permanente de aislamiento, aislamiento galvánico y protección frente a funcionamiento en isla, incluidas en el inversor. Este interruptor estará controlado por un vigilante de la tensión y la frecuencia de la red eléctrica.
- Un interruptor en el lado de continua perteneciente al inversor, que protege de los posibles contactos indirectos y es un sustituto de fusibles.
- Aislamiento de clase II en todos los componentes de la instalación.
- Los equipos inversores llevan incorporados varistores que protegen a dichos equipos frente a sobretensiones producidas por la red eléctrica o por descargas atmosféricas. Se reforzarán mediante protecciones externas de varistores tanto en la parte continua como en la de alterna.
- Fusible en cada polo del generador fotovoltaico, con función secundaria.

Con el fin de proteger a las personas frente a descargas que pueden llegar a ser peligrosas se tendrán en cuenta una serie de medidas:

- Todos los equipos situados a la intemperie tendrán un grado de protección mínimo IP65.

- Todos los conductores serán de cobre.
- La sección de los conductores de cobre será la suficiente para asegurar que las pérdidas de tensión en cables y cajas de conexión sean inferiores a las indicadas tanto por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión como por la compañía eléctrica suministradora.
- Todos los cables serán adecuados para uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la normal. Se adoptará cable unipolar bajo tubo enterrado en zanja con doble aislamiento.
- Los marcos de los módulos y las estructuras soporten se conectarán a la tierra siguiendo la normativa vigente, para evitar que aparezcan tensiones entre éstas y tierra, que puedan ser peligrosas para las personas.



## **ANEJO 15. PUESTA A TIERRA**

## 15. PUESTA A TIERRA

La instalación de puesta a tierra se establece con el fin de asegurar la actuación de las protecciones y disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados, y con el fin de limitar la tensión que se puede presentar en un momento dado en las masas metálicas.

La puesta a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección, por una parte, del circuito eléctrico, mediante una toma de tierra con un grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de toma de tierra se deberá conseguir que no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra debe ser tal que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra este conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera al largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica queda asegurada con independencia de las condiciones distinguidas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que puedan afectar a otras partes metálicas.

La instalación objeto de este proyecto tendrá una tierra única a la que se conectarán todas las masas como:

- Marcos y bastidores de los paneles fotovoltaicos.
- Estructuras metálicas y soportería de sujeción de los paneles solares.
- Las masas metálicas de las canalizaciones empleadas.
- Las masas metálicas de las envolventes donde se ubiquen los inversores y las protecciones en el lado de continua y en el lado de alterna.
- Las masas metálicas de cualquier envolvente metálica que contenga equipos eléctricos en su interior.
- Las masas metálicas del transformador y de las cabinas del lado de media tensión.

---

También hay una serie de elementos que no son necesarios su conexión a la toma de tierra:

- Los neutros en baja tensión de los devanados primarios de los transformadores.
- Las puertas metálicas, rejillas de ventilación, o cualquier elemento metálico al que se pueda tener contacto desde el exterior, en los edificios donde se ubican los centros de transformación para evitar posibles tensiones de contacto peligrosas.

## **ANEJO 16. FICHA TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN**

## 16. FICHA TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN

TABLA 6. FICHA TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN	
Potencia instalada	6,013 MW
GENERADOR FOTOVOLTAICO	
Modelo del generador fotovoltaico	SW 290
Fabricante del generador fotovoltaico	Solar World
Potencia del generador fotovoltaico (w)	290
Número total de módulos	20.736
Tipo de estructura	Fija
Orientación	Sur
Número de módulos formando strings	27
Número de strings	768
Número de paneles por cada CT	5.184
Número de strings por cada CT	192
INVERSOR	
Modelo del inversor	PRO-33.0-TL-OUTD
Fabricante del inversor	ABB
Potencia del inversor (KW)	33
Número total de inversores	192
Número de inversores por cada CT	48
TRANSFORMADOR	
Modelo del transformador	PV BOX 1260
Fabricante del transformador	Schneider
Potencia del transformador (kVA)	1.260
Número total de transformadores	4

## ANEJO 17. OBRA CIVIL

## 17. OBRA CIVIL

La instalación de la planta fotovoltaica en la parcela objeto a utilizar, requiere de un acondicionamiento y una nivelación del terreno para el montaje de las estructuras y la apertura y cerrado de las zanjas para las canalizaciones.

Esta obra civil debe comprender una serie de requisitos que tienen que ser llevados a cabo, haciendo referencia principalmente, a los siguientes aspectos:

- Lindes de la parcela.
- Adecuación del terreno.
- Canalizaciones.
- Edificaciones.

### Lindes de la parcela

La superficie utilizada para la instalación de los módulos fotovoltaicos, inversores y transformadores quedará vallada en todo su perímetro. La valla quedará separada de los elementos de la planta por una distancia de dos metros para permitir el paso de un vehículo y realizar sus respectivas labores de mantenimiento.

Dicha valla podrá montarse justo en el linde cuando éste sea una separación entre parcelas privadas.

La colocación de dicha valla perimetral y sus respectivas distancias quedará indicado en los planos que se muestran más adelante.

### Adecuación del terreno

Se realizarán los trabajos de desbroce y preparación del terreno para el soporte de las estructuras de los paneles fotovoltaicos, sin ocasionar graves daños en la parcela en cuestión.

### Canalizaciones

Las canalizaciones del cableado de la planta se efectuarán mediante zanjas adecuadas al número y tipo de tubos que deberán albergar.

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, donde los tubos que se encuentren más cerca de la superficie estarán colocados a una profundidad mínima de 0.60 metros.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será 0.25 metros con cables de alta tensión y de 0.10 metros con cables de baja tensión, siendo la distancia del punto de cruce a los empalmes superior a 1 metro.

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o de alta tensión manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0.10 metros con los de baja tensión y de 0.25 metros con los de media tensión. Las líneas de media tensión irán siempre en tubos de PE de 160 mm de diámetro.

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicaciones será de 0.20 metros siendo la distancia del punto de cruce a los empalmes superior a 1 metro.

Hay dos tipos de zanjas; las zanjas principales que unen las cajas de conexionado con los inversores y las zanjas secundarias, que unen las series con sus cajas de conexionado intermedio.

Las zanjas de corriente continua estarán rellenas de arena en sus primeros 42,75 cm y luego rellenas de tierra compactada. Las zanjas que contengan canalizaciones de media tensión estarán hormigonadas para garantizar la separación de las líneas de media tensión y llevarán cinta señalizadora.

Todas estas indicaciones, además incluirán, en la medida de lo posible, la optimización de los recorridos de los cables para obtener una caída de tensión menor y reducir sus costes.

### Edificaciones

La planta contará con un total de 4 casetas, donde se situarán en su interior el transformador, explicado en anteriores apartados.

## ANEJO 18. CÁLCULOS

## ***ANEJO 18. CÁLCULOS***

### **INDICE DE CONTENIDOS:**

1. CÁLCULO DEL RECURSO SOLAR.	93
2. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.	96
3. CÁLCULO DE SOMBRAS.	99
4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS.	101
5. CÁLCULOS ELÉCTRICOS.	106
6. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA.	115
7. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA PLANTA CON “SAM”.	118

## 1. CÁLCULO DEL RECURSO SOLAR

En este primer punto de la memoria de cálculo, se redacta en base a lo establecido en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a RED, PCT-C-REV de julio del 2011 de IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), en su punto 7; donde se incluirán las producciones mensuales máximas teóricas en función de la irradiancia, la potencia instalada y el rendimiento de la instalación.

Los datos de partida serán los siguientes:

- Irradiación diaria sobre superficie horizontal.
- Cálculo del ángulo de inclinación óptimo.
- Irradiación diaria sobre el plano del generador.

### Irradiación diaria sobre superficie horizontal

La  $G_{dm}(0)$ , es el valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre superficie horizontal. Se define como la energía por unidad de superficie recibida en una superficie horizontal para un determinado periodo de tiempo.

Su unidad es el kWh/(m<sup>2</sup>\*día), y se obtiene a partir de alguna de las siguientes fuentes:

- Agencia Estatal de Meteorología.
- Organismo autonómico oficial.
- Otras fuentes de datos de reconocida solvencia, o las expresamente señaladas por el IDAE.

En este caso, se ha utilizado para la realización de este proyecto la primera y más correcta de las tres, la Agencia Estatal de Meteorología, recogido en su documento "Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT".

A través del citado documento se obtienen los valores de Irradiancia Global, Directa y Difusa para los distintos meses del año en la Provincia de Huelva, provincia en la cual queda ubicada la instalación.

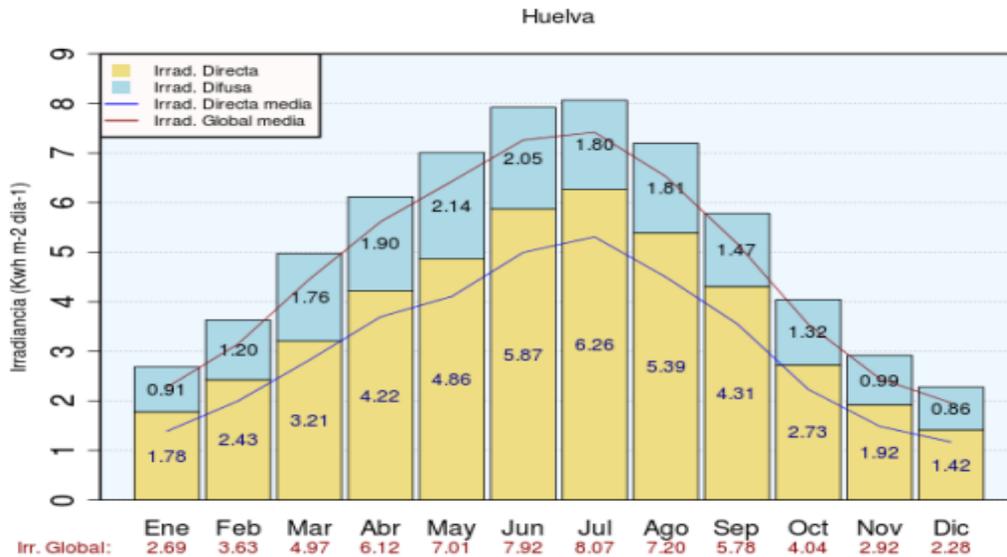


Figura 13. Irradiación media diaria por meses para la provincia de Huelva

### Cálculo del ángulo de inclinación óptimo

Comienza el cálculo del ángulo de inclinación óptimo especificando la posición que tienen los paneles fotovoltaicos a lo largo de todo el año.

En este caso, se han optado por paneles de soporte fijo, los cuales no admiten variación a lo largo de todo el año. Por lo tanto, se fija una orientación Sur, la orientación más idónea para un panel situado en España, ya que es la disposición para la que se produce la mayor captación de radiación solar.

Una vez que se conocen estos datos, se puede calcular el ángulo de inclinación óptima a través de dos posibles métodos. Ambos dos, son en función de la latitud del emplazamiento.

El primero de ellos consiste, siguiendo la recomendación del IDAE, en la simple resta de 10º a la latitud del emplazamiento ( $\phi$ ) como se observa en la siguiente tabla. En dicha tabla, también aparece el factor K, que hace referencia al ratio entre la radiación para el ángulo de inclinación óptimo frente a la radiación obtenida para una disposición horizontal del panel ( $\beta=0^\circ$ ).

TABLA 7. CÁLCULO DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN ÓPTIMO EN FUNCIÓN DE LATITUD		
PERIODO DE DISEÑO	$\beta_{opt}$	$K = \frac{G_{dm}(\alpha = 0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\Phi + 10$	1.7
Julio	$\Phi - 20$	1
Anual	$\Phi - 10$	1.15



El segundo de los métodos es el más preciso. Por lo tanto, será el utilizado para realizar el cálculo.

Consiste en una expresión analítica para determinar el cálculo del  $\beta_{opt}$ .

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * \Phi$$

Para este caso, con una latitud de 37,2348 en la localidad de Palos de la Frontera, la expresión queda definida así:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * 37.2348 = 29,392$$

A través de esta expresión, se obtiene un ángulo de inclinación óptimo de 29, 392º, el cual se adopta para este proyecto.

$$\beta_{opt} = 29,392^\circ$$

#### Irradiancia diaria sobre el plano del generador

$G_{dm}(\alpha, \beta)$ , es el valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador, expresado en kWh/(m<sup>2</sup>\*día).

La irradiación resultante para la inclinación obtenida de 29, 392º aparece en la siguiente tabla, obtenida de la siguiente base meteorológica:

“PVGIS:<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest>”.

TABLA 8. IRRADIACIÓN DIARIA MENSUAL PARA LA PROVINCIA DE HUELVA												
Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
kWh/(m <sup>2</sup> *día)	4,21	5,34	6,44	6,76	7,12	7,49	7,71	7,5	6,69	5,87	4,7	4,02

## 2. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

Cálculo del número de paneles fotovoltaicos a instalar.

La potencia pico de la planta fotovoltaica a instalar será de 6,013 MW. Esta potencia ha sido adoptada por el ingeniero del proyecto tras una serie de cálculos para determinar cuál podía ser la más indicada.

Una vez conocida dicha potencia y las características de los paneles seleccionados a instalar, es necesario calcular el número total de paneles que se van a instalar en la planta fotovoltaica.

Para ello, se instalarán paneles fotovoltaicos del modelo Solar World 290, de 290 W de potencia nominal. Estos paneles tienen que suministrar un total de 6.013.440 W, es decir 6,013 MW, de potencia nominal total de la instalación.

Para ello, se recurre a la siguiente ecuación:

$$N = \frac{P_{total}}{P_{panel}} = \frac{6.013.440 \text{ W}}{290 \text{ W}} = 20.736 \text{ paneles a instalar}$$

Por lo tanto, para el montaje de la planta fotovoltaica en la localidad de Palos de la Frontera se necesitan 20.736 paneles fotovoltaicos del modelo Solar World 290.

Una vez que se conoce este dato, es necesario calcular las formas de agruparlos para el posterior dimensionado de la instalación.

### Agrupación en serie de paneles para formar strings

Una regla típica en el diseño de instalaciones fotovoltaicas es tender siempre hacia diseños en serie, por simplicidad y por abaratamiento de costes en el conductor empleado en la instalación, ya que la sección del conductor se dimensiona en función de la corriente que circulará por él.

El número máximo de paneles en serie para formar strings vendrá determinado por la tensión máxima de entrada de los inversores y la tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos, como queda expresado en la siguiente fórmula:

$$N_{m\acute{a}x} = U_{m\acute{a}x \text{ inv}} / U_{oc}$$

Donde:

- $N_{m\acute{a}x}$ : número máximo de paneles por string a calcular.
- $U_{m\acute{a}x \text{ inv.}}$ : tensión de entrada máxima en el inversor ( $U_{m\acute{a}x \text{ inv.}} = 1100 \text{ V}$ ).

- $U_{oc}$ : tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos ( $U_{oc} = 39.60 \text{ V}$ ).

$$N_{m\acute{a}x} = U_{m\acute{a}x \text{ inv}} / U_{oc} = 1100 \text{ V} / 39.60 \text{ V} = 27.77$$

Por lo tanto, el número máximo de paneles en serie para formar strings es 27.

Una vez que se calcula el número máximo de paneles, se deberá realizar la siguiente comprobación para saber si el inversor puede trabajar en el punto de máxima potencia.

$$N_{ps} * U_{pmp} < U_{pm\acute{p}i}$$

Donde:

- $N_{ps}$ : número de paneles por string (27 paneles).
- $U_{pmp}$ : tensión en el punto de máxima potencia de un panel (31.90 V).
- $U_{pm\acute{p}i}$ : tensión máxima del inversor para efectuar el seguimiento de máxima potencia (950 V).

$$N_{ps} * U_{pmp} < U_{pm\acute{p}i} \Rightarrow 27 \text{ paneles} * 31.90 \text{ V} = 861.3 \text{ V} < 950 \text{ V}$$

Por lo tanto, la comprobación es correcta y el número de paneles a colocar en serie es el adecuado.

#### Agrupación en paralelo de strings para atacar a inversores

Una vez calculado el número de paneles que se sitúan en serie, habrá que determinar el número de strings a poner en paralelo para adaptar el conjunto a la potencia del inversor.

Para realizar dicho cálculo hay que acudir a la siguiente expresión:

$$N_{m\acute{a}x \text{ str}} = P_{\text{inv}} / (N_{ps} * P_p)$$

Donde:

- $N_{m\acute{a}x \text{ str}}$ : número máximo de strings en paralelo para atacar a un inversor.
- $P_{\text{inv}}$ : potencia del inversor (33 kW).
- $N_{ps}$ : número de paneles en serie por strings (27 paneles).
- $P_p$ : potencia pico de un panel fotovoltaico (290W).

$$N_{m\acute{a}x \text{ str}} = P_{\text{inv}} / (N_{ps} * P_p) = 33 \text{ kW} / (27 \text{ paneles} * 0.290 \text{ kW}) = 4.21$$

De esta expresión se obtiene un número máximo de 4 strings en paralelo por cada uno de los inversores del fabricante ABB.

Una vez que está calculado el número de strings que agrupar en paralelo atacando el inversor, se procede a calcular la potencia pico de cada inversor en la siguiente expresión:

$$P_{\text{pico inv}} = 4 \text{ strings} * 27 \text{ paneles} * 0.290 \text{ kW} = 31.32 \text{ kW}$$

Cálculo del número de inversores a instalar.

Para obtener el número exacto de inversores a utilizar hay que guiarse a través de la siguiente expresión:

Donde:

$$N_{max\ inv} = 6.013\ kW / 31.32\ kW = 191.98$$

- $N_{max\ inv}$ : número máximo de inversores a instalar en la planta.
- $P_{inv}$ : la potencia pico correspondiente para un inversor es de 31.32 kW.
- $P_{total}$ : la potencia pico total de toda la planta es de 6.013 kW.

Por lo tanto, para la instalación de la planta fotovoltaica se utilizan 192 inversores.

Colocación de los inversores y los transformadores en los centros de transformación

Se ha decidido situarlos para este proyecto en 4 bloques iguales, cada uno de los cuales contendrá a 48 inversores de 33 kW y a un transformador de 1.260 kVA. Estos transformadores estarán situados en el centro de transformación junto al resto de elementos necesarios como protecciones a la entrada y salida, vigilante de aislamiento, elementos y servicios auxiliares.

### 3. CÁLCULO DE SOMBRAS

Dado que la instalación se encuentra ubicada en un campo abierto, las únicas pérdidas posibles son las propias, que pueden estar producidas por:

- Otros paneles fotovoltaicos.
- Centros de transformación.
- Apoyos de la línea aérea.
- Vallado perimetral.

Dado que se dispone de espacio suficiente, las casetas del centro de transformación, el vallado perimetral, así como los apoyos de línea aérea que discurren por la parcela que pueden provocar sombras, su ubicarán a una distancia suficiente lejos para que no causen efecto de sombreado.

En conclusión, los únicos componentes presentes en la parcela que producirán el efecto negativo de las sombras son los propios paneles fotovoltaicos entre ellos.

La distancia *d*, medida sobre la horizontal, entre filas de módulos o entre una fila y un obstáculo de altura *h* que pueda proyectar sombras, se recomienda que sea tal que se garanticen al menos 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

Dicho solsticio se produce en el hemisferio norte el día 21-22 de diciembre, y se conoce como el día en que la altura solar es mínima. El valor de dicha declinación solar para ese día es de  $\delta = -23.45^\circ$ .

Para dicho calculo no se tiene en cuenta la altura de la estructura de soporte del panel fotovoltaico, dado que como se ha explicado previamente su altura es prácticamente nula y los paneles van colocados a una mínima distancia del suelo.

En cualquier caso, *d* ha de ser como mínimo igual a  $h \cdot k$ , siendo *k* un factor adimensional al que, en este caso, se le asigna el valor:

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

En este caso, con una latitud de 29.392, nos queda un valor de  $k=1.625$ .

Otra opción es realizar una aproximación en función de los valores más significativos de dicho factor que aparecen representados en la siguiente tabla para diferentes latitudes.

TABLA 9. VALORES MAS SIGNIFICATIVOS DEL FACTOR K EN FUNCION DE LATITUD						
Latitud	29º	37º	39º	41º	43º	45º
K	1,600	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

La distancia mínima entre paneles para evitar el sombreado de una fila sobre la siguiente se realiza a partir de los siguientes cálculos:

$$h_0 = (90 - \text{latitud}) + \delta = (90 - 37.2348) + (-23.45) = 29.3152$$

$$d = d_1 + d_2 = \frac{z}{\tan h_0} + \frac{z}{\tan \beta} = 3.00 \text{ m.}$$

Donde se tienen los valores de:

- $Z = 0.7461$ .
- $h_0 = 29.3152$ .
- $\beta = 29.392$ .

Se obtiene la distancia mínima entre el comienzo de un panel y el siguiente de 3 m.

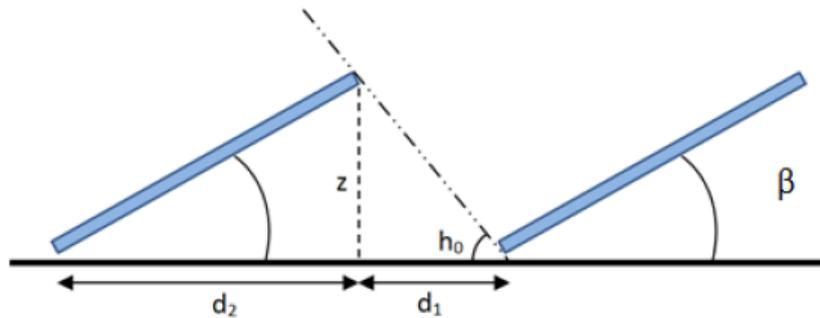


Figura 14. Distancia entre paneles

## 4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS

Rendimiento energético de la instalación (" Performance ratio, PR").

Se trata del Performance Ratio (PR), que indica la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo teniendo en cuenta una serie de pérdidas energéticas. Estos factores son:

- Las pérdidas por temperatura.
- La eficiencia del cableado.
- Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- La eficiencia energética del inversor.
- Las pérdidas del transformador.
- Otro tipo de pérdidas.

Las pérdidas por temperatura

Los paneles fotovoltaicos sufren una pérdida de eficiencia por efecto de la temperatura. Así pues, para el panel elegido en este proyecto, el fabricante indica que la temperatura nominal de operación es de 46º.

Esta temperatura es la que alcanza el panel para unas condiciones de trabajo establecidas:

- Irradiancia recibida por el panel: 800 W/m<sup>2</sup>.
- Temperatura ambiente: 20ºC.
- Velocidad del viento: 1 m/s.

El principal efecto sobre la curva I-V de un panel por aumento de la temperatura, es una disminución de la tensión en circuito abierto, aunque también afecta muy levemente al valor de corriente de cortocircuito, incrementando ésta.

Los parámetros relacionados con la temperatura para este panel son los siguientes:

TABLA 10. PARÁMETROS TÉRMICOS DEL PANEL SW 290	
Temp. Nominal (ºC)	46
Coef. Temp. I (%/ºC)	0.070
Coef. Temp. U (%/ºC)	-0.29
Coef. Temp. P(%/ºC)	-0.39



Se obtienen los datos de Temperatura media (°C) mensual estimada, irradiación media y temperatura media de las células solares y rendimiento para todos los meses del año en el municipio de Palos de la Frontera a través de varios directorios web. Los datos quedan reflejados en las siguientes tablas.

TABLA 11. TEMPERATURA MEDIA (°C) MENSUAL												
Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
°C	10.9	12.2	14.1	16.1	20.4	22.1	24.5	25.1	22.9	19.1	14.9	11.8

Para el coeficiente de temperaturas en función de la potencia, del modelo de panel SW 290, de -0.39 %/°C. dato facilitado por el fabricante del panel, se puede obtener un rendimiento durante los meses del año en función de sus temperaturas medias de cada mes y el coeficiente del panel.

Para el cálculo de estas pérdidas para cada mes del año se utilizará la siguiente expresión:

$$FT_i = 1 + \frac{FT}{100} * (T_i - T_s) = 1 + \frac{-0.39 \% / ^\circ C}{100} * (T_i - 25)$$

Donde:

- FT<sub>i</sub>: rendimiento por pérdidas de cada mes.
- FT: -0.39%/°C. dato facilitado por el fabricante.
- T<sub>i</sub>: Temperatura media de cada mes.
- T<sub>s</sub>: temperatura estándar del panel, 25°C. dato facilitado por el fabricante.

En la siguiente tabla se obtienen los rendimientos por pérdidas de temperaturas para cada mes.

TABLA 12. RENDIMIENTO POR PÉRDIDAS DE TEMPERATURAS MENSUAL											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC
1.054	1.05	1.042	1.034	1.018	1.011	1.002	0.999	1.008	1.023	1.039	1.051

Como es lógico, las pérdidas por temperatura en los meses de verano son mayores debido a temperaturas mucho más elevadas; y, por tanto, el rendimiento por pérdidas de temperatura será menor durante estos meses de verano que durante los meses de invierno.

En este caso, la planta apenas sufre pérdidas por temperatura, produciéndose únicamente en el mes de agosto, el único de los meses donde el rendimiento “FT<sub>i</sub>”, rendimiento por pérdidas de cada mes, es inferior a 1. Por lo tanto, incluso en el mes de agosto las pérdidas son mínimas y debido a que en el resto de los meses no se producen pérdidas por temperatura en la planta, estas serán despreciadas.

## La eficiencia del cableado

El dimensionado del cableado se calcula para garantizar que, en las condiciones de funcionamiento, la caída de tensión queda limitada al 1,5%.

Las pérdidas energéticas por Efecto Joule quedan limitadas a este mismo valor, el cual, solo se alcanzará cuando las condiciones de funcionamiento sean las nominales, ya que, para una menor irradiancia, al ser menores las intensidades que circulan por los cables, serán también menores las caídas de tensión en los mismos, mientras que la tensión de trabajo varía en menor medida al disminuir la irradiancia recibida por los paneles.

Entonces, la caída de tensión porcentual será menor para estas condiciones.

En la planta fotovoltaica a instalar, las pérdidas de eficiencia en el cableado se van a producir tanto en la parte de corriente continua como en la parte de corriente alterna, ya que ambos tramos de corriente tienen longitudes grandes, especialmente los tramos de corriente alterna al estar los inversores colocados fuera de los centros de transformación, y, por lo tanto, lejos de los transformadores. En resumen, se toma el valor de 1,5% como la pérdida de eficiencia del cableado, que será más desfavorable que las pérdidas reales.

## Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad

Si parte de las células que forman un panel fotovoltaico se encuentran sucias, la curva de ese panel se va a ver modificada, teniendo el mismo efecto que si recibiera menos radiación solar. Este factor negativo sobre la potencia generada va a depender mucho de la ubicación de la instalación y del mantenimiento que se realice en la misma.

Los márgenes de variación de las pérdidas por suciedad oscilan entre el 0% para módulos completamente limpios, y el 8% para módulos que se ven muy sucios.

Se tomará en este proyecto el valor del 4% para estar situados en un punto intermedio, ya que a priori no se sabe cómo afectará exactamente este factor en la instalación.

Por otro lado, las curvas características I-V de los distintos paneles no son idénticas, puesto que existen unas tolerancias a la hora de fabricación de estos elementos. Este hecho provoca que en las agrupaciones serie-paralelo que realiza el sistema, se produzcan ciertas pérdidas. En efecto, cuando se colocan los paneles en serie hay que cumplir que la intensidad sea la misma en todos ellos, y cuando se colocan en paralelo los strings, la tensión en todos ellos tiene que ser la misma.

Al final el inversor será el encargado de trabajar en el punto de máxima potencia de la curva resultante. Pero si las curvas no son idénticas, habrá paneles cuyo punto de funcionamiento individual no será exactamente el de máxima potencia. De ahí las pérdidas por este concepto.

Un valor que se encuentra en la literatura técnica para la estimación de las pérdidas por este concepto es entorno al 2%, el cual, se utiliza para la instalación.

Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia

Aunque los inversores funcionan con algoritmos que buscan hacer trabajar a los paneles solares en su punto de máxima potencia PMP, se admite que el seguimiento no es perfecto, por lo que existe una pérdida de eficiencia por este concepto.

Se suele admitir un valor entorno al 1% para evaluar estas pérdidas.

La eficiencia energética del inversor

Son inherentes a las condiciones de funcionamiento de los componentes electrónicos de potencia. Dichos componentes pese a funcionar en modo conmutación, sufren disipación de potencia debido a que mientras conducen corriente, tienen una cierta caída de tensión en el sentido de paso de esta corriente, por lo cual disipan una potencia que es igual al producto de esa tensión y esa corriente en cada instante.

No obstante, los rendimientos de los inversores son muy altos y estas pérdidas son pequeñas. Para el inversor elegido en este proyecto, el parámetro de eficiencia que da el fabricante es del 98,0%.

Así pues, se toma 2% como el valor de pérdidas por este concepto.

Las pérdidas del transformador

Las pérdidas de eficiencia en los transformadores vienen determinadas por dos parámetros:

- Pérdidas en el hierro o pérdidas en vacío: pérdidas originadas por las corrientes de Foucault que circulan en el núcleo de hierro debido a la variación temporal del flujo magnético en el mismo. El flujo viene determinado por la tensión a la que está sometido el devanado y ésta va a ser constante, ya que el transformador se encuentra permanentemente conectado a la red de media tensión, las pérdidas por este concepto se asumen independientes del factor de carga del transformador y, por tanto, se estarán produciendo durante las 24 horas del día. El fabricante da el valor de 1.350 vatios como las pérdidas en vacío.

Teniendo en cuenta que existen 4 transformadores iguales en la instalación, la energía anual que se perderá por este concepto será:

$$E_{pv} = 1,350 \text{ KW/transformador} \cdot 365 \text{ días/año} \cdot 24 \text{ h/día} \cdot 4 \text{ transformadores} = 47.304 \text{ kW/año.}$$

Al ser una pérdida de potencia constante e ininterrumpida, para saber qué porcentaje supone sobre la total generada por la instalación, habrá que determinar primero ésta, sin considerar estas pérdidas.

- Pérdidas en devanados con transformador en carga: para la evaluación de este parámetro, el valor que nos da el fabricante como pérdidas a plena carga es de 11.000 vatios. En este caso sí se puede considerar que esta pérdida es proporcional al nivel de carga, por lo que hay que considerar que, en porcentaje, supone una pérdida de 0.87%.

### Otro tipo de pérdidas

Se engloban en este apartado otra serie de pérdidas como pueden ser pérdidas en conexiones, pérdidas en elementos de protección, etc.

Para este proyecto se estima un 1% como valor de pérdidas englobadas en este apartado.

### Resumen total de los diferentes tipos de pérdidas

TABLA 13. RESUMEN TOTAL DE PÉRDIDAS (%)	
Temperatura	0
Cableado	1,5
Dispersión	2,00
Suciedad	4,00
Seguimiento PMP	1,00
Inversor	2,00
Transformador	0,87
Otras	1,00
<b>TOTAL</b>	<b>12,37</b>

## 5. CÁLCULO ELÉCTRICOS

### Cableado de corriente continua de la instalación

Aunque se suele poner mayor énfasis en la selección de paneles fotovoltaicos, inversores, transformadores, etc.; es necesario prestar atención también al correcto dimensionamiento del cableado, ya que de otro modo se puede incurrir en costes mas elevados de los necesarios.

El dimensionamiento de la sección del cableado de corriente continua se puede realizar empleando la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 * L * I}{k * \%}$$

Donde:

- S: sección del cable en mm.
- L: longitud del cable en m.
- I: corriente que transportará.
- k: conductividad del cobre (kcu = 56).
- %: porcentaje de caída de tensión admisible sobre la tensión del sistema (entre el 2% y 3% para la tensión de trabajo). Para la elección de la tensión de trabajo del sistema (tensión del panel), hay que guiarse en la siguiente tabla tomada como una referencia válida:

TABLA 14. ELECCIÓN DE LA TENSIÓN DE TRABAJO	
Potencia demanda por el panel (W)	Tensión de trabajo del sistema (V)
Menos de 1.500 W	12 V
Entre 1.500 y 5.000 W	24 – 48 V
Más de 5.000W	120 – 300 V

Como en este caso se trata de paneles fotovoltaicos de 290 W, se seleccionará la tensión de trabajo de 12 V para el cálculo del porcentaje de caída de tensión admisible sobre el sistema, teniendo esta el valor de 0.24 obtenido en la siguiente expresión:

$$Caída\ tensión = 2\% * 12V = 0.02 * 12 = 0.24\ V$$

A continuación, se dimensionarán estas secciones de los conductores, bajo el cumplimiento del Reglamento Eléctrico de Baja Tensión, siguiendo una serie de directrices principales:

- Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.
- Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos.
- Los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1.5%.
- El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

#### Cálculo de la sección del “cableado 1”

El “cableado 1” se corresponde con los cables que conectan los paneles fotovoltaicos y los strings con su inversor. Se trata de un cableado de corriente continua.

En este caso, se trata de cuatro tramos de diferentes longitudes hasta su llegada a los inversores, pero dado que la diferencia máxima entre los diferentes tramos es inferior a 0,5 metros, se calculará una única sección utilizando en esta la longitud del tramo de mayor distancia, siendo esta perfectamente adaptable para los cuatro tramos.

Siguiendo la ecuación explicada previamente, la sección a utilizar en el tipo de “Cableado 1” será la siguiente:

$$S_1 = \frac{2 * L * I}{k * \%} = \frac{2 * 51,09 * 9,20}{56 * 0,24} = 69,944 \text{ mm}^2$$

Donde:

- S: sección del cable en mm<sup>2</sup>.
- L = 51,09 m.
- I = 9,20 A.
- K = 56.
- Caída tensión = 0,24 V.

Una vez obtenido el valor de la sección del cable, hay que elegir la sección inmediatamente superior a la calculada que coincida con alguna de las secciones estándar que se comercializan.



En la siguiente tabla se pueden consultar las secciones de cable de cobre comerciales:

TABLA 15. SECCIONES DE CABLE COMERCIALES	
<b>COBRE</b>	mm <sup>2</sup>
	1,5
	2,5
	4
	6
	10
	16
	25
	35
	50
	<b>70</b>
	95
	120
	150
	185
240	
300	

Por lo tanto, para el tramo “Cableado 1” que corresponde con los cables que conectan los paneles fotovoltaicos y los strings con los inversores se utilizará una sección de 70 mm<sup>2</sup>.

Se ha seleccionado el modelo “Cable RV-K 1x70 negro”, perteneciente al fabricante Merkasol Energías Renovables para este tramo de la planta fotovoltaica que cuenta con las siguientes características:

TABLA 16. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE RV-K 1x70 NEGRO	
Tensión nominal (KV)	0,6-1
Tensión de ensayo (V)	3.500
Norma	UNE 21123-91/1 IEC 502
Radio de curvatura	10 x diámetro
Temperatura de servicio	-20°C. a +90°C
No propagador de la llama	UNE 20432-1 IEC 332-1
No propagador del incendio	IEEE 383-74
Precio del cable (€/m)	<b>9,01</b>

El método empleado para canalizar los cableados de corriente continua desde los strings hasta las ubicaciones de los inversores será por bandeja tipo Rejiband, correspondiendo el sistema de instalación a efectos de cálculo de corrientes admisibles con el método F de la tabla 52-B1, recogido en la norma UNE 20460-5-523.

Para verificar la viabilidad del tipo de cable escogido a continuación usaremos dos criterios:

- El criterio térmico: el conductor ha de ser capaz de disipar el calor generado por la intensidad que circula por el mismo durante el régimen permanente, teniendo en cuenta los factores de corrección por temperatura, profundidad, resistividad del terreno y agrupamiento.
- El criterio de caída de tensión: la caída de tensión debe ser menor que las especificadas por las condiciones de diseño.

#### Criterio térmico

Según establece el Reglamento de Baja Tensión en su instrucción ITC-BT-40 "Instalaciones Generadoras de Baja Tensión", en su punto 5, los cables deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la nominal.

Dentro de una amplia gama de cables, se ha seleccionado el modelo "Cable RV-K 1x70 negro", perteneciente al fabricante Merkasol Energías Renovables.

Se considera una temperatura ambiente de 45°C a efectos de dimensionamiento por criterio térmico.

Con todos estos parámetros, la intensidad mínima admisible a 30°C para el cable empleado resulta ser de 19,46 amperios, por lo que el cable de sección más baja de 1,5 mm<sup>2</sup> cumple con holgura es condición, ya que según los datos del fabricante a 60°C la intensidad admisible es de 30 amperios.

#### Criterio de caída de tensión

El Reglamento de Baja Tensión en su instrucción ITC-BT-40 "Instalaciones Generadoras de Baja Tensión", en su punto 5, la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal.

Para la realización de este cálculo hay que centrarse en la caída de tensión entre los strings de los paneles fotovoltaicos y los inversores. Estos cables se considerarán recorridos, a efectos de este cálculo, no por la corriente de cortocircuito sino por la corriente en el punto de máxima potencia, que es el punto de trabajo deseable cuando se está generando e inyectando energía a la red. En este caso el valor de la corriente a considerar será 9,2 amperios.

La sección de los cables debe determinarse para que la caída de tensión a lo largo del recorrido desde los paneles fotovoltaicos hasta los inversores sea inferior al 1,5% de la tensión de trabajo en el punto de máxima potencia, no de la de circuito abierto, por el mismo motivo que en el caso de la corriente.

En este caso esa tensión es de 861,3 voltios. Esta tensión de máxima potencia es de 31,90 V por cada uno de los 27 paneles que componen el string, por lo tanto, hace un total de 861,3 voltios.

La ecuación para el cálculo de la caída de tensión en el tramo de corriente continua será:

$$\Delta V = I_{pmp} * \rho * 2 * \frac{L}{S} = 9,20 * 0,017 * 2 * \frac{51,09}{70} = 0,2282 V$$

Donde:

- $\Delta V$ : es la variación de tensión en voltios.
- $I_{pmp}$ : es la intensidad circulante en el tramo considerado, para el punto de máxima potencia.  $I = 9,2 A$ .
- $\rho$ : es la resistividad del cobre de valor  $0.017 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m L}$ .
- $L$ : es la longitud física del tramo considerado.  $L = 51,09 \text{ m}$ .
- $S$ : es la sección del cable.  $S = 70 \text{ mm}^2$ .

Por lo tanto, el cable seleccionado para esta sección de cable cumple también con el criterio de caída de tensión, al igual que cumple con el criterio térmico, por lo que le hace perfectamente valido para colocarlo en la planta fotovoltaica de Palos de la Frontera.

#### Cableado de corriente alterna de la instalación

Una vez obtenida la sección a utilizar en el cableado de corriente continua se procede al cálculo del cableado de la parte de corriente alterna.

Para ello, el cableado de corriente alterna, al igual que ocurren en los tramos de corriente continua, tiene que cumplir una serie de directrices:

- Los positivos y negativos de cada grupo de módulo se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.
- Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de corriente alterna deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 2%.
- Se incluirá toda la longitud de cable de corriente alterna. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

En la práctica para instalaciones de baja tensión tanto interiores como de enlace es admisible despreciar el efecto piel y el efecto proximidad.

El dimensionamiento de la sección del cableado de corriente alterna para receptores trifásicos se puede realizar empleando la siguiente expresión:

$$S = \frac{P * L}{\gamma * e * U}$$

Donde:

- S: sección del cable en mm<sup>2</sup>.
- P: potencia producida por el inversor en KW.
- L: longitud del tramo en m.
- $\Gamma$ : conductividad (“ $\gamma$ ”, en unidades m/ $\Omega$ mm<sup>2</sup>). Inverso de la resistividad. En este caso al tratarse de cables de cobre, el valor de la conductividad es de 44 para una temperatura de 90°C.
- e: caída de tensión en voltios.
- U: tensión de línea en trifásico (400 V).

#### Cálculo de la sección del “cableado 2”

El “cableado 2” se corresponde con los cables que conectan los inversores con su centro de transformación. En este caso, a la salida de los inversores ya se utilizan cables de corriente alterna.

En este caso, cada uno de los cuatro centros de transformación que tiene la planta cuenta con 4 ramas individuales, las cuales, en algunos tramos tienen bastante diferencia en cuanto a sus longitudes.

Por lo tanto, al contrario que sucede con la sección del cableado de corriente continua, se calcularán secciones distintas para cada una de las ramas de los cuatro centros de transformación.

Siguiendo la ecuación explicada previamente, la sección a utilizar en el tipo de “Cableado 2” será la siguiente para las diferentes longitudes existentes:

$$S = \frac{P * L}{\gamma * e * U} = \frac{33.000 * L}{(44 * \frac{2}{100}) * 400 * 400}$$

Donde:

- S: sección del cable en mm<sup>2</sup>.
- P = 33.000 W.
- L: longitud del tramo en m.
- $\Gamma$  = 44 \* 2%.
- e = 400 V.
- U = 400 V.

En la siguiente tabla se obtienen los valores de las distintas secciones para sus distintas longitudes.

<b>TABLA 17. CÁLCULO DE LAS SECCIONES EN CORRIENTE ALTERNA</b>		
	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )
<b>Centro de transformación 1</b>		
<b>Tramo 1</b>	147,75	34,62
<b>Tramo 2</b>	154,023	36,09
<b>Tramo 3</b>	211,102	49,47
<b>Tramo 4</b>	166,92	39,12
<b>Centro de transformación 2</b>		
<b>Tramo 1</b>	175,75	41,19
<b>Tramo 2</b>	120,15	28,16
<b>Tramo 3</b>	152,31	35,69
<b>Tramo 4</b>	181,65	42,57
<b>Centro de transformación 3</b>		
<b>Tramo 1</b>	344,97	80,85
<b>Tramo 2</b>	288,23	67,55
<b>Tramo 3</b>	230,41	54,00
<b>Tramo 4</b>	131,37	30,78
<b>Centro de transformación 4</b>		
<b>Tramo 1</b>	123,45	28,93
<b>Tramo 2</b>	68,55	16,06
<b>Tramo 3</b>	197,08	46,19
<b>Tramo 4</b>	187,85	44,02

Una vez obtenido el valor de la sección del cable, hay que elegir la sección inmediatamente superior a la calculada que coincida con alguna de las secciones estándar que se comercializan. En la siguiente tabla se pueden consultar las secciones de cable de cobre comerciales:

<b>TABLA 15. SECCIONES DE CABLE COMERCIALES</b>	
	mm <sup>2</sup>
<b>COBRE</b>	1,5
	2,5
	4
	6
	10
	16
	25
	35
	50
	70
	95
	120
	150
	185
240	
300	

Por lo tanto, las secciones anteriormente calculadas se corresponden con las siguientes secciones comerciales, como se aprecia en la siguiente tabla:

<b>TABLA 18. CÁLCULO DE LAS SECCIONES COMERCIALES EN CORRIENTE ALTERNA</b>			
	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	S comercial (mm <sup>2</sup> )
<b>Centro de transformación 1</b>			
<b>Tramo 1</b>	147,75	34,62	<b>35</b>
<b>Tramo 2</b>	154,023	36,09	<b>50</b>
<b>Tramo 3</b>	211,102	49,47	<b>50</b>
<b>Tramo 4</b>	166,92	39,12	<b>50</b>
<b>Centro de transformación 2</b>			
<b>Tramo 1</b>	175,75	41,19	<b>50</b>
<b>Tramo 2</b>	120,15	28,16	<b>35</b>
<b>Tramo 3</b>	152,31	35,69	<b>50</b>
<b>Tramo 4</b>	181,65	42,57	<b>50</b>
<b>Centro de transformación 3</b>			
<b>Tramo 1</b>	344,97	80,85	<b>95</b>
<b>Tramo 2</b>	288,23	67,55	<b>70</b>
<b>Tramo 3</b>	230,41	54,00	<b>70</b>
<b>Tramo 4</b>	131,37	30,78	<b>35</b>
<b>Centro de transformación 4</b>			
<b>Tramo 1</b>	123,45	28,93	<b>35</b>
<b>Tramo 2</b>	68,55	16,06	<b>25</b>
<b>Tramo 3</b>	197,08	46,19	<b>50</b>
<b>Tramo 4</b>	187,85	44,02	<b>50</b>

Por lo tanto, para el tramo “Cableado 2” que corresponde con los cables que conectan los inversores y con los centros de transformación usará las siguientes secciones:

- 1 cable de sección 25 mm<sup>2</sup>.
- 4 cables de sección 35 mm<sup>2</sup>.
- 8 cables de sección 50 mm<sup>2</sup>.
- 2 cables de sección 70 mm<sup>2</sup>.
- 1 cable de sección 90 mm<sup>2</sup>.

Se ha seleccionado el modelo “Cable PRYSMIAN AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S) AL XZ1 (S)”, de secciones 95 mm<sup>2</sup>, 70 mm<sup>2</sup>, 50 mm<sup>2</sup>, 35 mm<sup>2</sup>, y 25 mm<sup>2</sup> perteneciente al fabricante Prysmian para este tramo de la planta fotovoltaica que cuentan con las siguientes características:

TABLA 19. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE					
Tipo de cable	PRYSMIAN AL VOLTALENE FLAMEX CPPO (S) AL XZ1 (S)				
Secciones (mm <sup>2</sup> )	95	70	50	35	25
Tensión nominal (KV)	0,6-1	0,6-1	0,6-1	0,6-1	0,6-1
Tensión de ensayo (V)	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
Norma	UNE-HD 603-5X-1	UNE-HD 603-5X-1	UNE-HD 603-5X-1	UNE-HD 603-5X-1	UNE-HD 603-5X-1
Diámetro exterior	15,8	14,5	12,5	10,8	9,9
Temperatura de servicio	-40°C. a +90°C	-40°C. a +90°C	-40°C. a +90°C	-40°C. a +90°C	-40°C. a +90°C
No propagador de la llama	EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2	EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2	EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2	EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2	EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
No propagador del incendio	IEEE 383-74	IEEE 383-74	IEEE 383-74	IEEE 383-74	IEEE 383-74
Precio del cable (€/m)	<b>32,24</b>	<b>30,78</b>	<b>29,35</b>	<b>25,66</b>	<b>23,57</b>

#### Cálculo de la sección del “cableado 3”

El “cableado 3” se corresponde con los cables que conectan los centros de transformación hasta la salida de la parcela hacia subestación eléctrica más cercana.

Los cables de alimentación en media tensión al centro de transformación que formen parte de la red de distribución estarán de acuerdo con la Norma ENDESA DND001, así como con las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700019 a 6700024, según se trate.

Estos cables serán seleccionados por la empresa suministradora de la zona, Endesa. En este caso, la empresa utiliza el “Cable Tipo 10E-6”, unipolar de 150 mm<sup>2</sup> de sección circular compacta de aluminio, aislado con polietileno reticulado, apantallado, con pantalla de aluminio y con cubierta exterior de poliolefina para 12/20 kV, acorde a la tensión secundaria suministrada por el transformador.

La unión de la protección de transformador al aparato correspondiente, en caso de tener que realizarse en cable, se hará con cables de aislamiento de polietileno reticulado con una tensión de 12 kV, según tensión de servicio con una sección en aluminio de 95 mm<sup>2</sup>, que cumplirán con la Norma ENDESA DND001, empresa distribuidora de la zona.

Los terminales serán del tipo enchufables.

## 6. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA

Para la instalación de la planta fotovoltaica se ha elegido un modelo de puesta a tierra único, con el fin de conectar a ella todas las masas metálicas de la instalación. A dicha toma de tierra, nunca deben conectarse los neutros de los devanados primarios de los transformadores, ya que están conectados con la salida de los inversores que son de tipo central.

El cálculo de la puesta a tierra consiste en obtener un valor de dicha resistencia. Para ello, es necesario averiguar cuál es el mayor daño que se puede generar a los empleados siguiendo este modelo de puesta a tierra, el cual, está basado en el documento de la Comisión de Reglamentos de UNESA sobre el método del cálculo de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectadas a redes.

En la siguiente imagen se puede apreciar claramente la importancia de lo mencionando, ya que, al colocar una única tierra para las masas de baja y alta tensión, se podría dar la situación de que una persona situada en un punto alejado de los electros de puesta a tierra pudiera tocar una masa metálica directamente conectada a dichos electrodos, con lo cual, la tensión de contacto a la que se la somete sería el valor de  $R_t$ .

Por lo tanto, la tensión máxima que alcanzará la planta con una sola puesta a tierra para una cierta intensidad en el lado de alta se determinará a partir de la expresión  $R_t \cdot I_d$ .

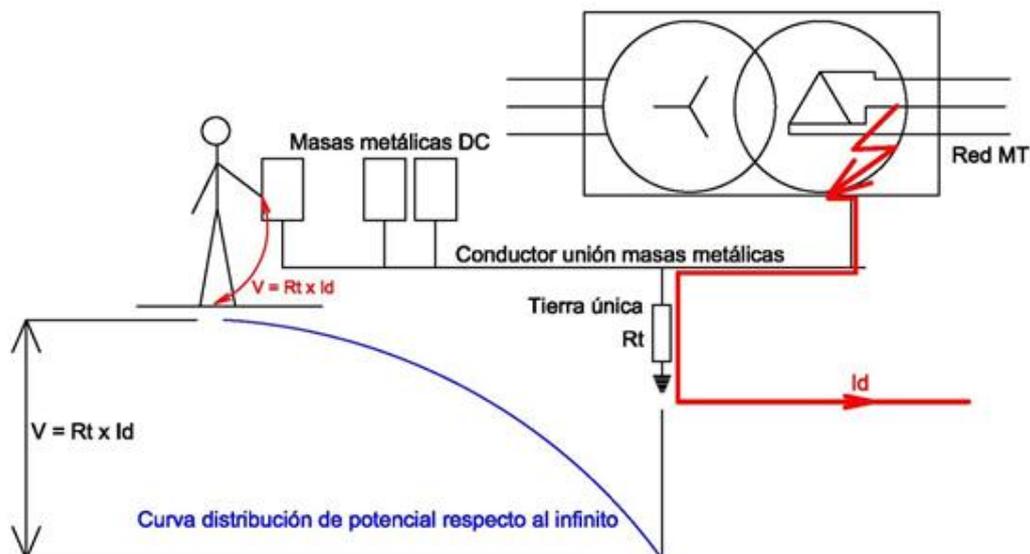


Figura 15. Mayor daño producido por tensión de contacto

Basándonos en el criterio expuesto anteriormente, habrá que dimensionar el sistema de puesta a tierra para que el producto  $R_t \cdot I_d$  sea inferior a la máxima tensión de contacto que se pueda admitir.

En este caso, la tensión de contacto aplicada máxima admisible viene determinada por la siguiente ecuación:

$$V_{ca,adm} = k/t^n$$

Donde:

- K=72.
- n=1.
- t: tiempos de defecto comprendidos entre 0.1 y 0.9 segundos. En este caso, utiliza t=0.8.

Además, se puede determinar a partir de la siguiente ecuación la tensión de contacto máxima admisible para que al cuerpo humano le llegue la tensión aplicada máxima admisible.

$$V_{c,adm} = V_{ca,adm} * \left(2 + \frac{1.5 * \rho_s}{1000}\right)$$

Donde se conoce la resistencia del calzado de 2.000 Ω y la resistencia de contacto de cada pie de valor 3\*ps, siendo ps la resistividad superficial del suelo.

A través de los siguientes datos se obtiene el valor mínimo de la Rt para garantizar la tensión de contacto aplicada menor a la máxima admisible.

TABLA 20. CÁLCULO Rt MÍNIMA	
K	72
n	1
t	0.8
Vca,adm = k / tn (V)	90
Ro superficial (Ωm)	150
Vc,adm calzado (V)	200.25
Id (A)	500
Rt mínima (Ω)	<b>0.40</b>

Para el sistema de puesta a tierra se va a utilizar dos tipos de electrodos, tipos 80-40/8/82 y 8/82 según la denominación de UNESA.

El electrodo 80-40/8/82 es de tipo rectangular, de dimensiones 8 x 4 metros, con 8 picas de 2 metros distribuidas en el perímetro, con cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> enterrado a 80 cm de profundidad. Se instalará un electrodo de este tipo bajo la cimentación de cada uno de los 5 centros de transformación.

El electrodo 8/82 es de tipo hilera de picas, con 8 picas con separación 3 metros y cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> a una profundidad de 80 cm. Se instalarán 10 electrodos de este tipo, a lo largo del lateral por el que discurren las canalizaciones principales.

A continuación, se pueden ver las características de los dos electrodos a utilizar.

TABLA 21. CARACTERÍSTICAS DE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA		
Designación UNESA	8/82	80-40/8/82
Geometría	Hilera	Rectángulo
Profundidad cobre (m)	0.8	0.8
Numero de picas	8	8
Sección conductor Cu (mm <sup>2</sup> )	50	50
Diámetro picas (mm)	14	14
Lt / separación picas (m)	21/3	
Dimensiones rectángulo (m)		8x4
Kr ( $\Omega / (\Omega m)$ )	0.556	0.063
Kp (V / (A $\Omega m$ ))	0.00255	0.0095
Kc = kp acc (V / (A $\Omega m$ ))		0.0277

Para el cálculo del valor de la resistencia de tierra se considera que todos los electros están interconectados y que están suficientemente alejados entre sí como para considerar que el valor de resistencia conjunta corresponde a la asociación en paralelo de los electrodos con su valor de puesta a tierra individual.

A continuación, se obtiene el valor de dicha resistencia resultante con los siguientes datos:

TABLA 22. CÁLCULO DE LA Rt		
Designación UNESA	8/82	80-40/8/82
Resistividad supuesta del terreno ( $\Omega m$ )		150
Resistencia de 1 electrodo ( $\Omega$ )	8.34	9.45
Numero de electrones en paralelo	20	5
Resistencia resultante considerando electrodos independientes en paralelo ( $\Omega$ )	0.42	1.89
Resistencia resultante total ( $\Omega$ )		<b>0.34</b>

La solución de tierra única tiene el inconveniente de que necesita un valor muy bajo de resistencia a tierra, aunque se puede conseguir sin dificultad porque dispone de terreno a voluntad. La solución de tierras separadas de BT y MT nos permite no tener que ir a valores tan bajos de resistencia, pero tiene la dificultad de la distancia necesaria para conseguir que sean realmente independientes ambos sistemas.

## 7. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA PLANTA CON “SAM”

Para conocer si los cálculos de la instalación de la planta fotovoltaica en la localidad de Palos de la Frontera son adecuados, se utiliza otro proyecto como referencia, diseñado por el programa “System Advisor Model”, más conocido como “SAM”, para realizar una estimación a partir de los datos obtenidos.

Principalmente está basada la estimación de los datos como el número de paneles y de inversores, indicando en el programa la potencia requerida en la planta de Palos de la Frontera.

Además, SAM realiza predicciones de rendimiento y estimaciones del costo de la energía para proyectos de energía conectados a la red en función de los costos de instalación y operación y los parámetros de diseño del sistema que especifique como entradas para el modelo.

Gracias a dichas predicciones proporcionadas por el programa e introduciéndole el mismo tipo de panel fotovoltaico e inversor en su simulación, se obtiene una simulación más que real en cuanto al rendimiento y a la energía producida por la planta .

Para obtener la estimación se introducen los siguientes campos en el programa:

- Localización y datos climatológicos de la localidad de Palos de la Frontera.
- Modulo fotovoltaico del modelo “Solar World SW 290”.
- Inversor “ABB TRIO 27.6-TL-OUTD”, del mismo fabricante al utilizado en la planta, pero una potencia un poco más pequeña.
- Potencia pico de la planta de 6,013 MW.
- Perdidas y sombras generales proporcionadas por el programa.

A continuación, se incluyen los datos proporcionados por la simulación y utilizados para este proyecto, debido a la complejidad de realizar los cálculos a mano de la planta. Por lo tanto, hay que centrarse en los siguientes resultados:

TABLA 23 . DATOS OBTENIDOS A TRAVES DE LA SIMULACIÓN	
MEDIDAS	VALORES
Energía anual en el primer año	10.596.398 kWh
Factor de capacidad en el primer año	20.1 %
Rendimiento energético en el primer año	1.763 kWh/kW

En la siguiente tabla se puede apreciar la producción de energía mensual obtenida.

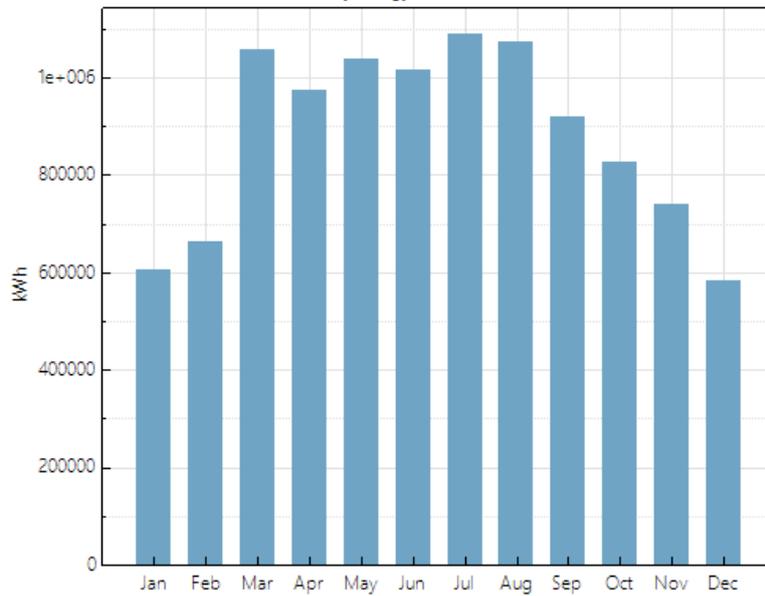


Figura 16. Producción de energía mensual

Y, por último, se obtiene una estimación de las pérdidas de energía.

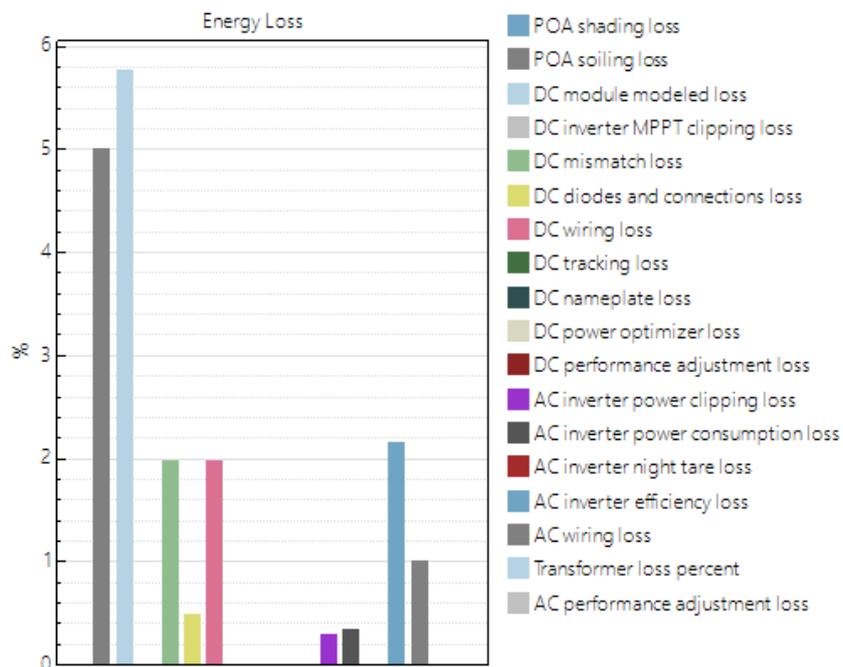


Figura 17. Estimación de las pérdidas de energía

## **ANEJO 19. PRESUPUESTO**

## 19. PRESUPUESTO

El presupuesto total de la instalación de la planta fotovoltaica asciende a 9.144.912,75€.

## **ANEJO 20. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

## ***ANEJO 20. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD***

### **INDICE DE CONTENIDOS:**

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.	124
2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.	125
3. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.	128
4. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS.	131
5. SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES.	138

## 1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El objeto del presente Estudio de Seguridad y Salud es, mediante la identificación de todos los posibles riesgos y la determinación de las correspondientes medidas preventivas que se deben adoptar, eliminar o disminuir los riesgos existentes, y con ello los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

Este Estudio de Seguridad y Salud se realiza siguiendo las directrices del R.D 1627/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, formando parte del proyecto de la obra, y, en aplicación de él, cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio y en función de su propio sistema de ejecución de obra.

En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este Estudio. Dicho Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado antes de iniciar la obra por parte del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra o por la Dirección Facultativa cuando no fuera necesaria la designación de dicho Coordinador.

El R.D. 1627/97 establece en su art. 3, cuatro condiciones para diferenciar la obligatoriedad de redactar un Estudio de Seguridad y Salud (ESS) en vez de Estudio Básico de Seguridad y Salud (EBSS).

1. Cuando el presupuesto global de la obra (incluido beneficio IVA, etc.) sea superior a 450.759 €.
2. Cuando en algún momento de la obra se emplee a más de 20 trabajadores simultáneamente.
3. Cuando se superen las 500 jornadas/hombre.
4. Cuando se trate de obras de riesgo especial (túneles, galerías, etc.).

Dado que este proyecto supera el punto 1 ampliamente, se procede a redactar un Estudio de Seguridad y Salud (ESS).

## 2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

### Características generales

El presente Estudio de Seguridad y Salud está ligado con el proyecto de “Implantación de una planta fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la localidad de Palos de la Frontera (Huelva)”. La actividad desarrollada en el presente proyecto es la explotación de centrales de generación eléctrica con recursos de origen renovable, en este caso, la energía renovable procedente del Sol.

### Autor del proyecto

El autor del presente proyecto y del estudio a realizar es D. Pablo Ruiz de Diego, Graduado en Ingeniería de los Recursos Energéticos por la Universidad de Recursos Energéticos y Mineros, por la Universidad de Cantabria.

### Datos del emplazamiento

La instalación objeto de este proyecto se emplazará en una parcela de la localidad de Palos de la Frontera, en la provincia de Huelva. La localidad se encuentra a unos 14 km de la capital de la provincia, Huelva, a 9 km de la ciudad vecina de Moguer y a pocos kilómetros de las playas de Mazagón. Mas concretamente, las características de la instalación son las siguientes:

- Provincia: Huelva.
- Municipio: Palos de la Frontera.
- Superficie: 16.2 hectáreas.
- Latitud: 37.234857272264534 (grados decimales).
- Longitud: -6.890490535412596 (grados decimales).
- Altitud: 16 metros sobre el nivel del mar.

### Centro asistencial sanitario más próximo

El centro de asistencia sanitaria más próximo a la planta fotovoltaica es el “Hospital Infanta Elena”, situado en Huelva, a tan solo 16.5 km. de la instalación. Sus datos de interés más relevantes son:

- Dirección: Ctra. Sevilla-Huelva, s/n, 21080 Huelva.
- Horario: abierto 24 horas.
- Teléfono: 959 01 51 00.
- Provincia: Provincia de Huelva.

## Presupuesto

El presupuesto total estimado para la ejecución de la planta asciende a 9.144.912,75 €.

## Plazo de ejecución

El plazo de ejecución de la obra está estimado para un periodo aproximado a los 6 meses.

## Personal provisto

Para la construcción de dicha planta se ha estimado que el número de operarios necesarios para la ejecución del proyecto de la obra no será superior en ningún momento a 20 operarios. El volumen de mano de obra se ha estimado en 180 días.

## Unidades constructivas que componen la obra

Para la realización del presente proyecto de ejecución de obra, se tendrán en cuenta las siguientes unidades constructivas:

- Instalación eléctrica permanente.
- Trabajos eléctricos.
- Trabajos en tensión.
- Instalaciones eléctricas.
- Armado y hormigonado de apoyos y montaje de seguidores solares.

## Equipos técnicos

Para la ejecución de las obras, se prevé que se utilicen los siguientes equipos técnicos:

- Grúas.
- Elevadores.
- Máquinas-herramientas.
- Herramientas manuales.
- Almacenamiento de materiales.

## Medios auxiliares

Para ejecución de las obras, se prevé que se utilicen los siguientes medios auxiliares:

- Escaleras de madera.
- Escaleras metálicas.
- Andamios.

---

## Riesgos inherentes en las obras

Además, e independientemente de lo expuesto en el apartado anterior, por el desarrollo normal de los trabajos de cualquier proyecto de ejecución con obras, se tienen los riesgos que a continuación se exponen y diversos apartados a tener en cuenta en las obras:

- Caídas en altura.
- Caídas al mismo nivel.
- Orden y limpieza.
- Señalización.
- Protecciones colectivas.
- Manipulación manual de cargas.

### 3. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

#### Características generales

La Evaluación de Riesgos Laborales es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse.

La evaluación de riesgos incluida en el presente estudio se encuadra dentro del contexto del Capítulo II, artículos del 3 al 7 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, que desarrolla y aplica lo expuesto en el Art. 16 Evaluación de Riesgos de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El método mediante el cual se ha elaborado la evaluación de riesgos del presente estudio de seguridad y salud corresponde al método editado y aprobado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

La evaluación de riesgos se comprobará de dos fases:

- Análisis del riesgo, mediante el cual: Se identifica el peligro, y se estima el riesgo, valorando conjuntamente la probabilidad y las consecuencias de que se materialice el peligro.
- Valoración del riesgo, con el valor del riesgo obtenido se emite un juicio sobre la tolerabilidad del riesgo en cuestión.

Se identifica como peligro aquella fuente o situación con capacidad de daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, daños al medio ambiente o una combinación de ambos.

En cambio, se le denomina riesgo a la combinación de la frecuencia o probabilidad y de las consecuencias que pueden derivarse de la materialización de un peligro. El concepto de riesgo siempre tiene dos elementos, la frecuencia con la que se materializa el peligro y las consecuencias que de él pueden derivarse.

### Análisis del riesgo

La identificación de peligros se va a realizar en función de las unidades constructivas del proyecto de ejecución, y los equipos técnicos y medios auxiliares necesarios para llevar a cabo la ejecución de las obras.

Para cada peligro detectado debe estimarse el riesgo, determinando la potencial severidad del daño (consecuencias) y la probabilidad de que ocurra el hecho.

#### Severidad del daño

Para determinar la potencial severidad del daño, debe considerarse:

- Partes del cuerpo que se verán afectadas.
- Naturaleza del daño, clasificándolo en:
  - o Ligeramente dañino (LD). Daños superficiales: cortes, magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo, dolor de cabeza, disconfort.
  - o Dañino (D). Laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, sordera, dermatitis, asma.
  - o Extremadamente dañino (ED). Amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales, cáncer.

#### Probabilidad de que ocurra el daño

La probabilidad de que ocurra el daño se puede graduar según el siguiente criterio:

- Alta (A). El daño ocurrirá siempre o casi siempre.
- Media (M). El daño ocurrirá en algunas ocasiones.
- Baja (B). El daño ocurrirá raras veces.

A la hora de establecer la probabilidad de daño, se debe considerar si las medidas de control ya implantadas son adecuadas.

### Valoración de los riesgos

TABLA 24. VALORACION DE LOS RIESGOS				
	Frecuencia	Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
<b>Probabilidad</b>	Baja	Riesgo trivial	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
	Media	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
	Alta	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

Los niveles de riesgos indicados en el cuadro anterior forman la base para decidir si se requieren mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como la temporización de las acciones.

Los siguientes enunciados muestran un criterio sugerido como punto de partida para la toma de decisiones. También se indican los esfuerzos precisos para el control de los riesgos y la urgencia con la que deben adoptarse las medidas de control.

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

El resultado de una evaluación de riesgos debe servir para hacer un inventario de acciones, con el fin de diseñar, mantener o mejorar los controles de riesgos.

La evaluación de riesgos debe ser, en general, un proceso continuo. Por lo tanto, la adecuación de las medidas de control debe estar sujeta a una revisión continua y modificarse, si es preciso. De igual forma, si cambian las condiciones de trabajo, y con ello los peligros y los riesgos, habrá de revisarse la evaluación de los riesgos.

## 4. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

A continuación, se especifican los riesgos y las medidas preventivas que se deben adoptar en todas y cada una de las actividades:

- Prescripciones de seguridad para todo tipo de trabajos.
- Trabajos de excavación y hormigonado.
- Trabajos en montajes industriales.
- Trabajos en centros de transformación.
- Red general de tierras.
- Máquinas – herramientas.
- Manipulación de cargas.
- Trabajos con camión grúa.
- Trabajos con maquinaria.
- Trabajos con escaleras.
- Trabajos en cajas de medida y protección.
- Trabajos de contracción.
- Construcción y montaje de líneas de distribución y transporte de energía eléctrica.
- Trabajos en subestaciones y estaciones receptoras.
- Pintura.

### Trabajos de excavación y hormigonado

Zanjas de hasta 1.30 m. de profundidad:

- Excavación.
- Con losas que queden sin base y sean susceptibles de desprenderse (terrenos no compactos, juntas de dilatación, etc.,).
- Con existencia a proximidad de instalaciones de servicios (gas, agua, conductores eléctricos, comunicaciones, etc.,).
- Con uso de pico y herramientas manuales.
- Con uso de medios mecánicos.
- Escombros procedentes de la excavación.
- Escombros en zona en zona peatonal con firme de hormigón y limitación de anchura.
- Transporte de escombros con carretilla a contenedor.
- Terrenos resbaladizos y sueltos.
- Catas y calas en localización de otros servicios.

Zanjas mayores a 1.30 m. de profundidad:

- Excavación.
- Con losas que queden sin base en terreno no compacto, juntas de dilatación y sean susceptibles de desprenderse.
- Con existencia a proximidad de instalaciones de servicios (gas, agua, conductores eléctricos, comunicaciones, etc.).
- Uso de pico, pala y/o herramientas manuales.
- Con uso de medios mecánicos.
- Escombros procedentes de excavación.
- Escombros en zona peatonal con firme de hormigón y limitación de anchura.
- Transporte de escombros con carretilla a contenedor.
- Acceso a la zanja.
- Catas y calas en localización de otros servicios.

Entibado – desestibado:

- Trabajo de entibado.
- Rodapiés.
- Rotura de entibación.
- Entibación a más de 3,5mts. de profundidad.
- Entibación totalmente cerrada.
- Arcillosos compactos.
- Desestibado.
- Orden de materiales.

Cimentaciones:

- Excavaciones Troncocónicas.
- Excavaciones Cuadradas.

Hormigonado:

- Hormigonado.

[Trabajos en montajes industriales](#)

Acopio, carga y descarga de maquinaria y materiales:

- Manual.
- Mecánica.

Ubicación de máquinas y materiales:

- Espacios para la ubicación de máquinas – herramientas.
- Espacios para la ubicación de materiales y restos.

#### Montaje de instalaciones eléctricas:

- Colocación de tacos (expansión), montaje de soportes, colocación de bandeja.
- Montaje de grapas de sujeción de tubos, canaletas y luminarias.

#### Tendido de cable:

- Asentamiento de las bobinas sobre gatos o cunas.
- Colocación de los rodillos 7.3.4.3 Tendido del cable, posado o por conducto.

#### Montaje y conexionado de equipos eléctricos:

- Colocación de paneles y cuadros.
- Conexionado, puesta en servicio y mantenimiento.

#### Trabajos en centros de transformación

##### Prefabricados:

- Montaje y ensamblado de prefabricados.
- Ubicación de equipos, cabinas, cuadros y transformador.

##### Trabajos mecánicos en centros de transformación:

- Montaje de: seccionadores, interruptores, cabinas, cuadros, embornados, etc.

#### Red general de tierras

##### Acopio, carga y descarga:

- Manual.
- Mecánica.

##### Instalación red de tierras:

- Utilización de Taladro.
- Hincado de las Picas.

##### Soldadura aluminotérmica:

- Conexionado por soldadura aluminotérmica.

## Máquinas – herramientas

- Radial:
  - Trabajos con radial.
- Taladro de mano.
- Pistolas clavadoras.
- Equipos de soldadura eléctrica.
- Equipo de oxicorte.
- Hormigonera.
- Martillo eléctrico rompedor – perforador.
- Vibrador de hormigón (aguja vibradora).
  - Con motor eléctrico 7.6.8.2 Con motor de explosión.
- Pison compactador.

## Manipulación de cargas.

- Carga y descarga manual.
- Transporte de la carga.
- Carga y descarga con medios mecánicos.

## Trabajos con camión grúa

- Consideraciones generales.
- Colocación del camión grúa.
- Manejo de cargas.
- Señalización del vehículo.
  - Señalización propia del vehículo 7.8.4.2 Señalización a terceros.
- Circulación.

## Trabajos con maquinaria

- Dumper.
  - Trabajos con dumper en obra.
  - Trabajos con dumper en zona de tránsito.
- Pala cargadora – retroexcavadora.
  - Trabajos con cargadora – retroexcavadora.
  - Señalización a terceros.
- Compresores.
  - Trabajos con compresores.
  - Uso del martillo rompedor – perforador.
- Camión hormigonera.
  - Consideraciones Generales.

- Colocación del Camión.
- Vertido del Hormigón.
- Señalización propia del Camión.
- Señalización a terceros.
- Cabrestante mecánico (maquinillo).
  - Uso y Recomendaciones.
- Grupo electrógeno.
  - Trabajos con grupo electrógeno.
- Carretilla elevadora (Toro).
  - Consideraciones Generales.
  - Manejo y Carga.
  - Circulación.
  - Personal Auxiliar.

#### Trabajos con escaleras

- Escaleras simples y extensibles.
  - Manejo de las escaleras.
  - Colocación de la escalera.
  - Utilización de la escalera.

#### Trabajos en cajas de medida y protección

- Trabajos en cajas de medida y protección.
  - Comprobación-verificación de contadores en baja tensión.
  - Instalación de Contadores de Baja Tensión.

#### Trabajos de construcción

- Excavaciones a cielo abierto.
  - Vaciados.
  - Cimentaciones y pozos.
  - Excavación en zanja.
- Estructuras de hormigón armado.
  - Acopio de materiales.
  - Encofrado.
  - Desencofrado.
- Hormigonado.
  - Directo por canaleta.
- Estructuras metálicas.
  - Acopio, carga y descarga de maquinaria y materiales.
  - Ubicación de máquinas y materiales.

- Montaje de la estructura.
- Instalaciones eléctricas / antenas / pararrayos.
  - Montaje de instalaciones definitivas.
  - Montaje de antenas y pararrayos.

#### Construcción y montaje de líneas de distribución y transporte de energía eléctrica

- Acopio, carga y descarga.
  - Manual.
  - Mecánica.
- Cimentaciones.
  - Excavaciones troncocónicas.
  - Excavaciones cuadradas.
  - Hormigonado.
- Armado e izado.
  - Armado.
  - Izado.
  - Graneteado.
- Instalación de protecciones (cruzamientos).
  - Izado de porterías manual.
  - Izado de porterías con camión grúa.
- Tendido de conductores en líneas aéreas.
  - Ubicación de maquinaria y materiales.
  - Colgado de cadenas y poleas.
  - Tendido de piloto y conductores.
  - Regulado, engrapado y colocación de separadores.
- Canalización para conducciones subterráneas.
  - Catas, calas en localización de otros servicios.
  - Zanjas y hormigonado.
  - Entubado.
  - Relleno y compactado.
  - Asfaltado.
- Conducciones eléctricas subterráneas.
  - Ubicación de maquinaria y materiales.
  - Tendido manual.
  - Tendido con maquinaria.
  - Cruzamiento con otros servicios.
  - Intervención en conductores (empalmes, derivaciones, cortes).
  - Conexión en AT/BT con corte de tensión.
  - Conexión en AT/BT con proximidad de tensión.
- Tala y poda de arbolado.
  - Talado de árboles.

- Desramado.
- Tronzado.
- Poda.
- Manipulación y quema de ramas y matorrales.
- Herramientas de mano (hachas, palancas, ganchos).
- Herramientas mecánicas (motosierras, desbrozadores).

#### Construcción de subestaciones y estaciones receptoras

- Acceso a la zona de trabajo de vehículos: excavadoras, camión grúa, camión cesta.
- Acopio, carga y descarga.
  - Manual.
  - Mecánica.
- Trabajos diversos.
  - Excavación a cielo abierto por medios mecánicos.
  - Excavación en zanjas.
  - Trabajos de construcción, encofrado, desencofrado, hormigones, cubiertas, albañilería y otros.
  - Montaje de estructuras, aparellaje, transformadores, equipos electromecánicos.
  - Tendido de cables.
- Conexión y pruebas.

#### Pintura

- Pintura.
- Almacenado.

## 5. SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES

### Servicios sanitarios

Deberán adaptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina. R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Se dispone de un botiquín de primeros auxilios, conteniendo:

- Desinfectantes, agua oxigenada, alcohol 96°, betadine.
- Antisépticos autorizados.
- Gasas estériles (linitul).
- Vendas.
- Algodón hidrófilo.
- Esparadrapo.
- Apósitos adhesivos (tiritas).
- Analgésicos.
- Bolsas para agua o hielo.
- Termómetro.
- Tijeras.
- Pinzas.
- Guantes desechables.
- Agua potable.

Se dispondrá en la obra, y en sitio bien visible, una lista con los teléfonos y direcciones de los Centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un transporte rápido de los posibles accidentados.

### Servicios higiénicos

El local cuenta con aseos. No se precisan vestuarios ni comedores en la zona de trabajo.

## **2. PLANOS**

## **2. PLANOS**

### INDICE DE CONTENIDOS:

#### 2.1 PLANOS

## 2.1. PLANOS

## **2.1. PLANOS**

### INDICE DE CONTENIDOS:

1. LISTADO DE PLANOS.	143
2. PLANOS.	144

## 1. LISTADO DE PLANOS

En el siguiente listado aparecen los planos necesarios más representativos para llevar a cabo la implantación de la planta fotovoltaica:

1. Plano de situación.
2. Plano de emplazamiento.
3. Layout de la planta.
4. Plano esquema unifilar BT y MT.
5. Plano del string.
6. Plano de conexión de los paneles fotovoltaicos.
7. Plano de conexión de los inversores.
8. Distribución de los inversores.
9. Plano de conexión de los CT.
10. Distribución de los CT.



## PLANO DE SITUACIÓN

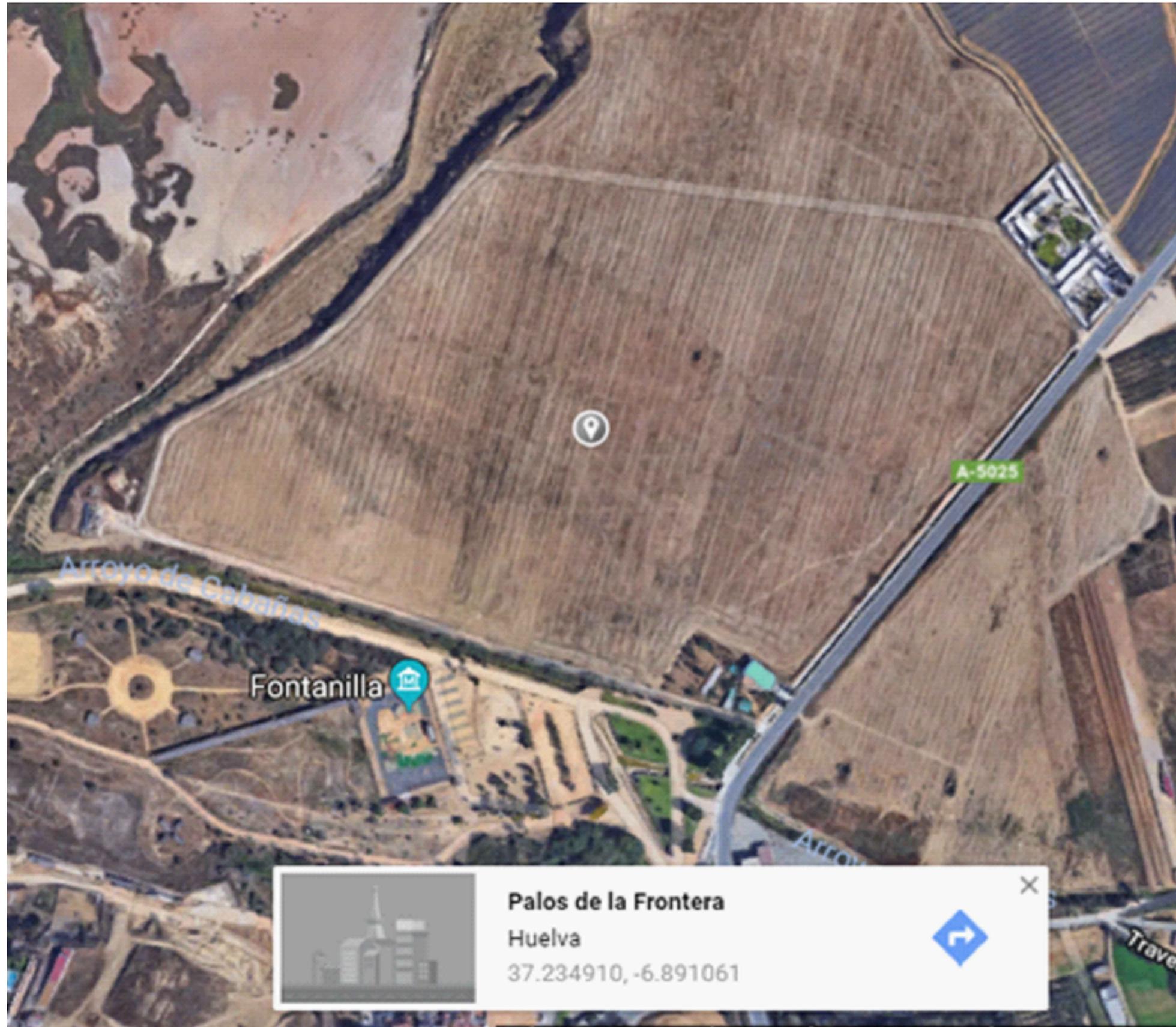
Proyecto de implantación de una planta fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la localidad de Palos de la Frontera

GRADO DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

Nº Plano: **1** 18/09/2018

Escala: -

PABLO RUIZ DE DIEGO



## PLANO DE EMPLAZAMIENTO

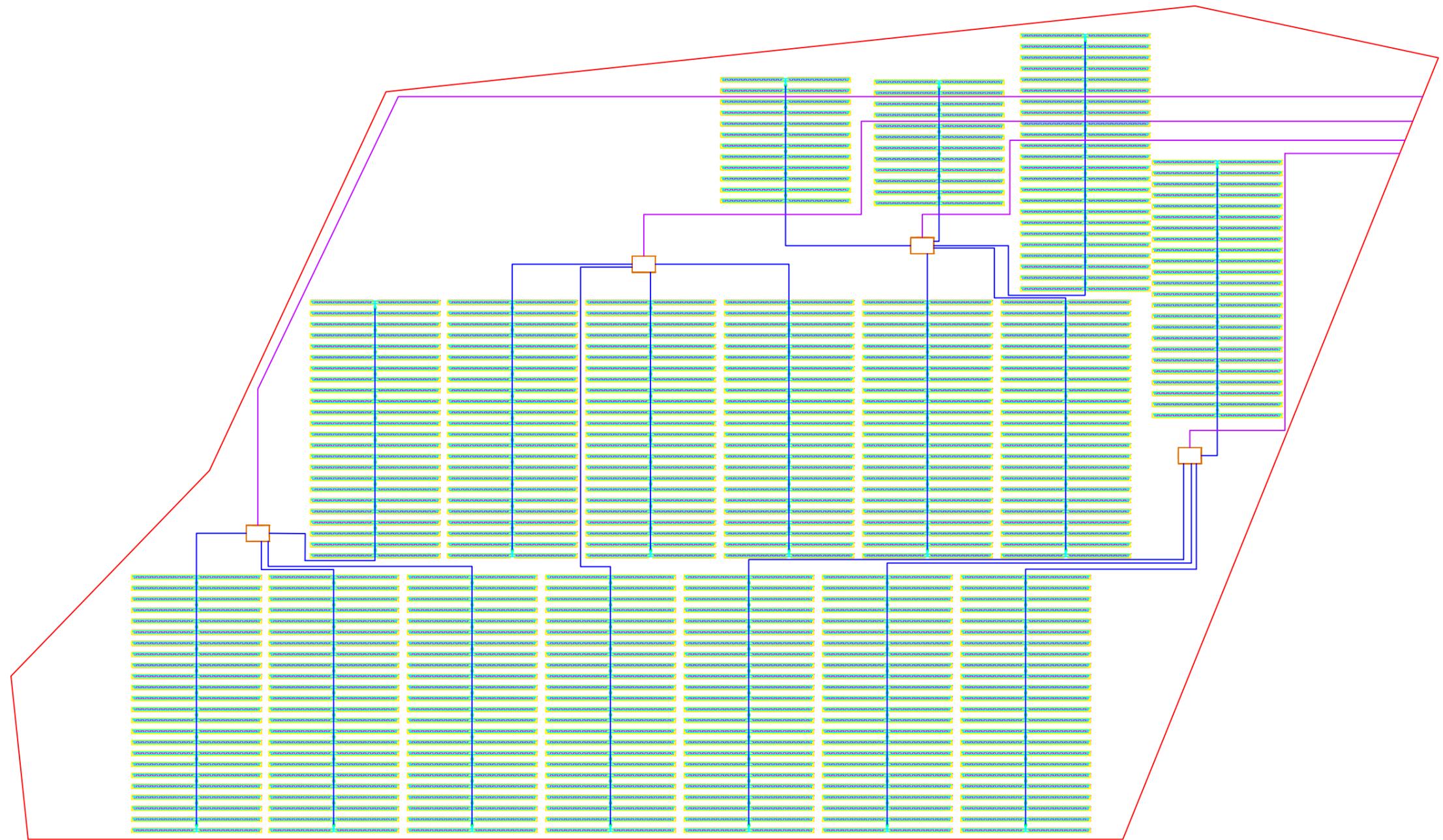
Proyecto de implantación de una planta fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la localidad de Palos de la Frontera

GRADO DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

Nº Plano: **2** 18/09/2018

Escala: -

PABLO RUIZ DE DIEGO



## LAYOUT DE LA PLANTA

Proyecto de implantación de una planta fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la localidad de Palos de la Frontera

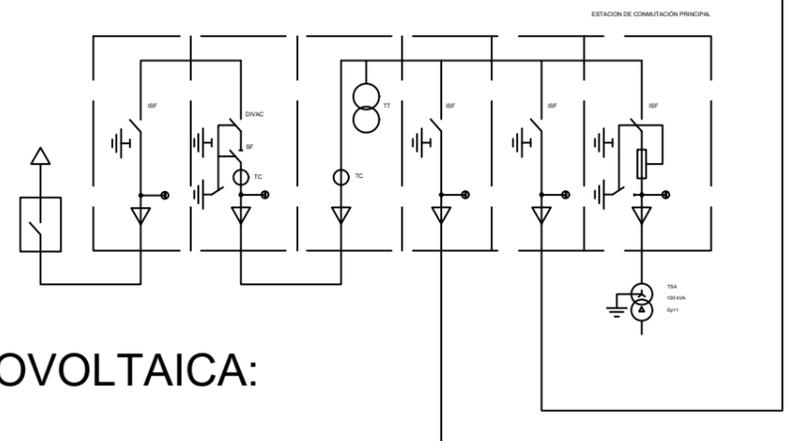
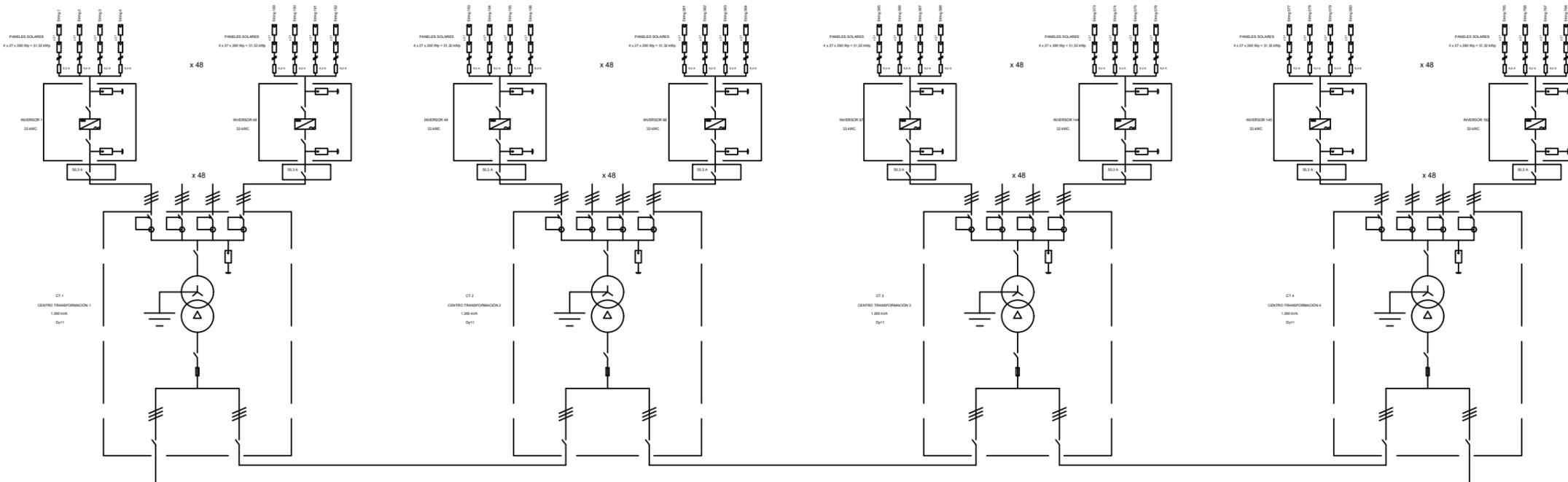
GRADO DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

Nº Plano: **3**

18/09/2018

Escala: **1/2000**

PABLO RUIZ DE DIEGO



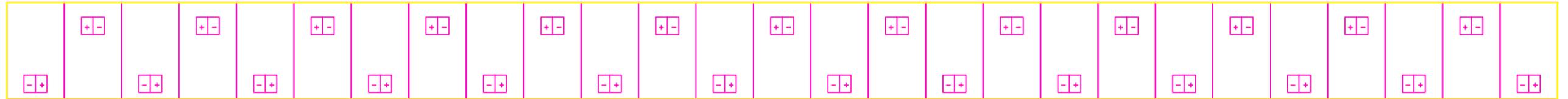
**DESCRIPCIÓN PLANTA FOTOVOLTAICA:**

- Módulos fotovoltaicos: 20.736
- Strings: 768
- Inversores: 192
- Centros de transformación: 4
- Potencia de la planta: 6,013 MW

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	INVERSORES	DESCRIPCIÓN
CT 1	1 al 12	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
	13 al 24	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
	25 al 36	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
	37 al 48	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
CT 2	49 al 60	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
	61 al 72	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
	73 al 84	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
CT 3	85 al 96	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
	97 al 108	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
	109 al 120	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
	121 al 132	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
CT 4	133 al 144	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
	145 al 156	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
	157 al 168	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
	169 al 180	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno
	181 al 192	4 strings de 27 paneles de 290 W cada uno

<b>ESQUEMA UNIFILAR</b>	Nº Plano: <b>4</b>	18/09/2018	<b>UC</b> UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	
	Proyecto de implantación de una planta fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la localidad de Palos de la Frontera			Escala: ■
	GRADO DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS			PABLO RUIZ DE DIEGO

# 27 PANELES FOTOVOLTAICOS



## PLANO DEL STRING

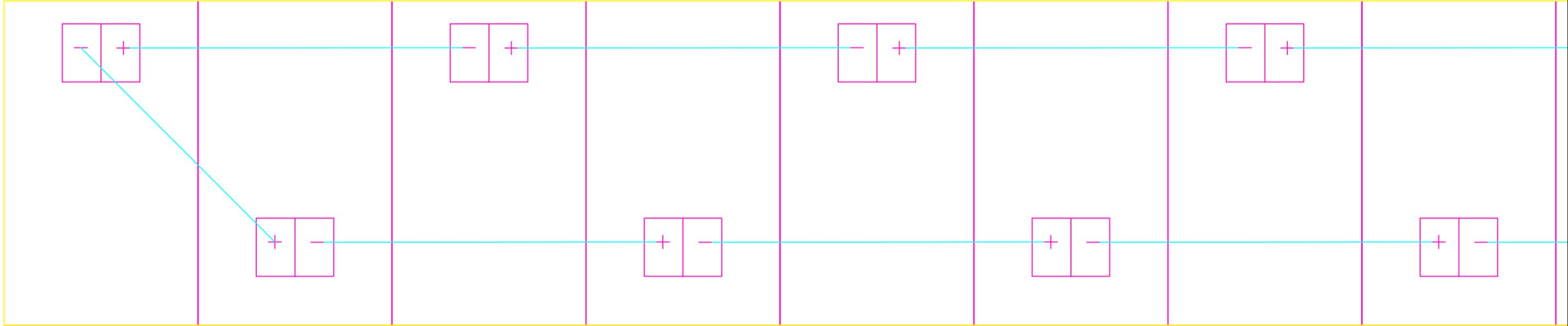
Nº Plano: **5** 18/09/2018

Proyecto de implantación de una planta fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la localidad de Palos de la Frontera

Escala: **1/75**

GRADO DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

PABLO RUIZ DE DIEGO



**PLANO DE CONEXIÓN DE LOS PANELES**

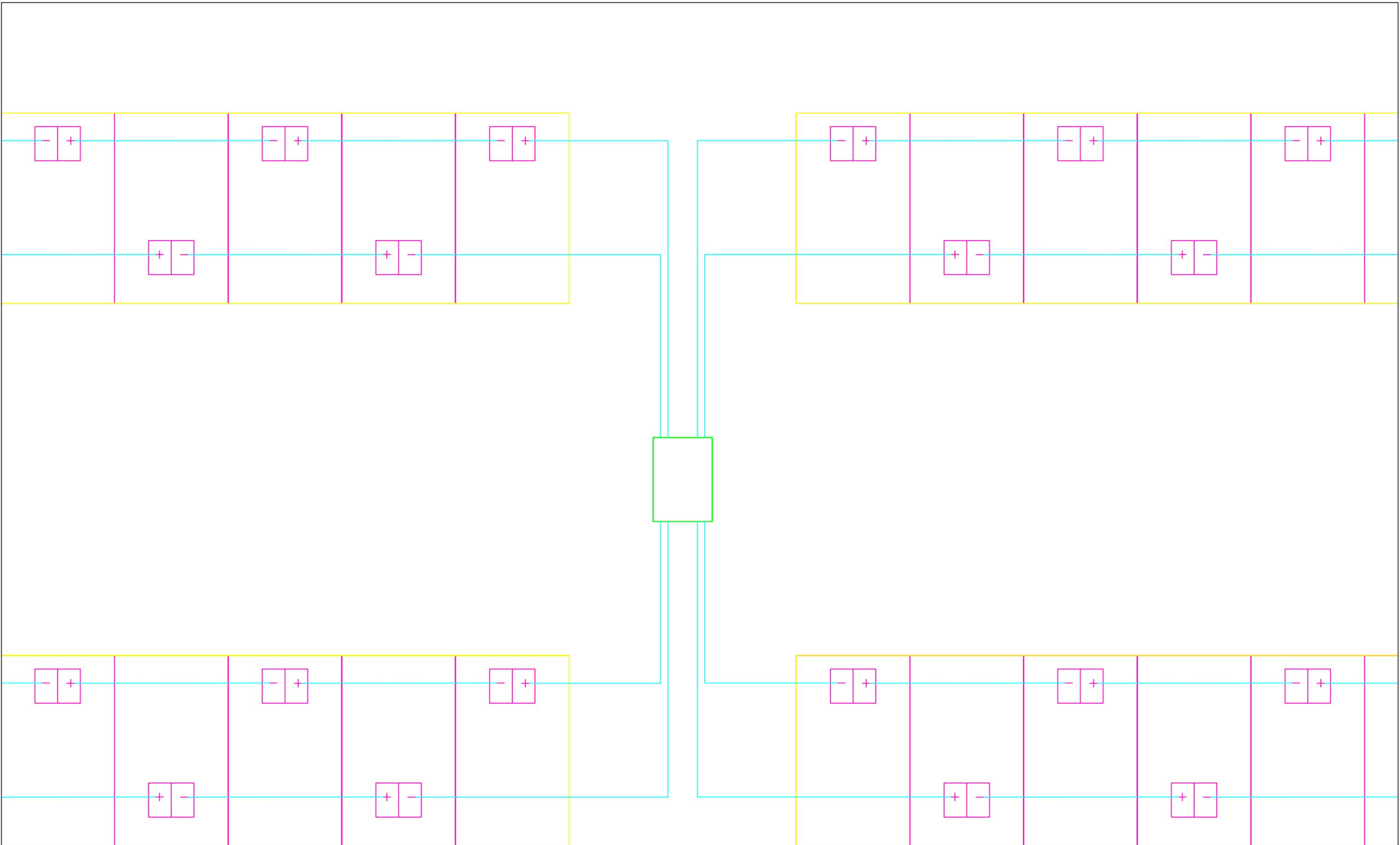
Nº Plano: **6** 18/09/2018

Proyecto de implantación de una planta fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la localidad de Palos de la Frontera

Escala: **1/20**

**GRADO DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS**

**PABLO RUIZ DE DIEGO**



**PLANO DE CONEXIÓN DE LOS INVERSORES**

Nº Plano: **7** 18/09/2018

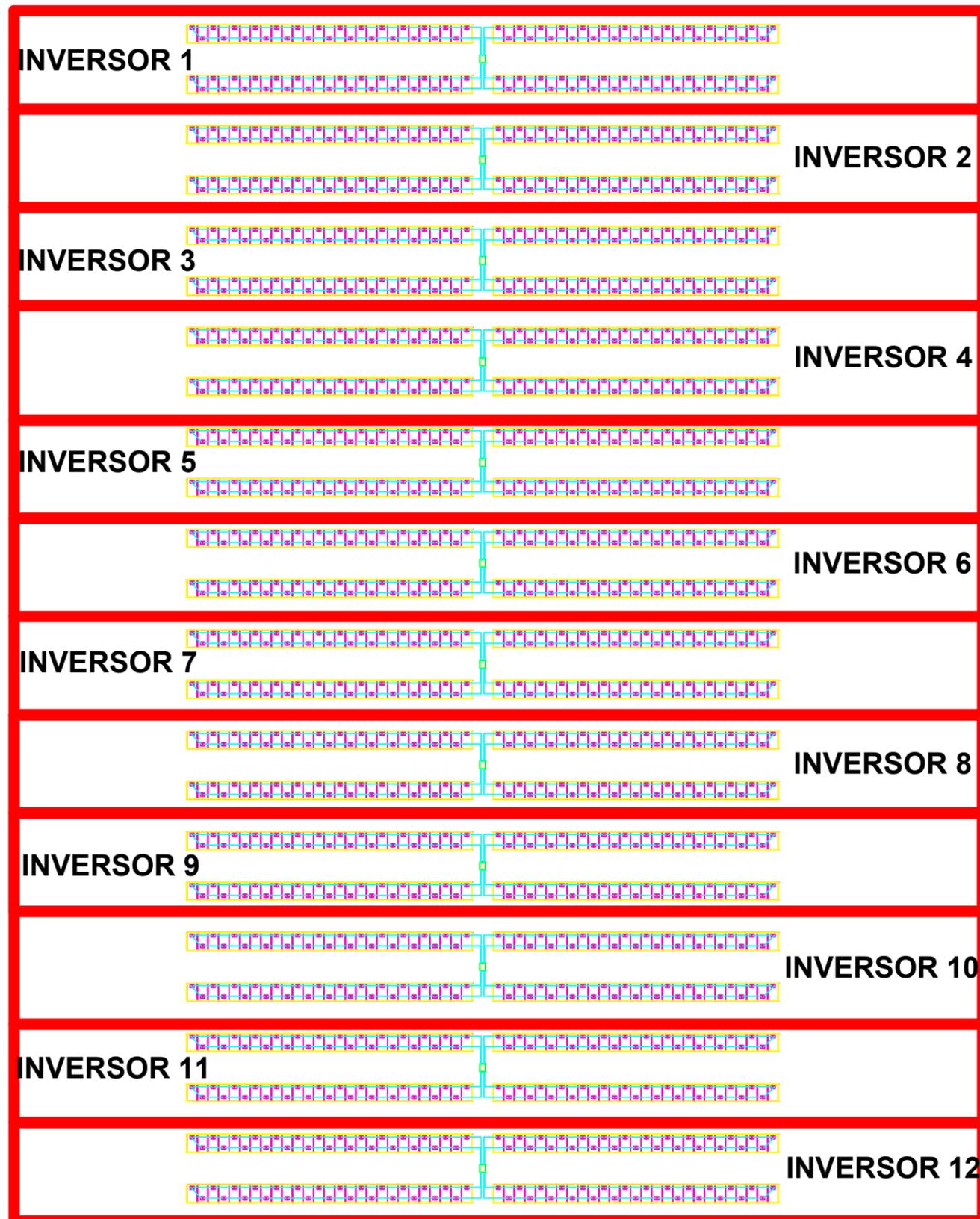
Proyecto de implantación de una planta fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la localidad de Palos de la Frontera

Escala: **1/30**

**GRADO DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS**

**PABLO RUIZ DE DIEGO**





**DISTRIBUCIÓN DE LOS INVERSORES**

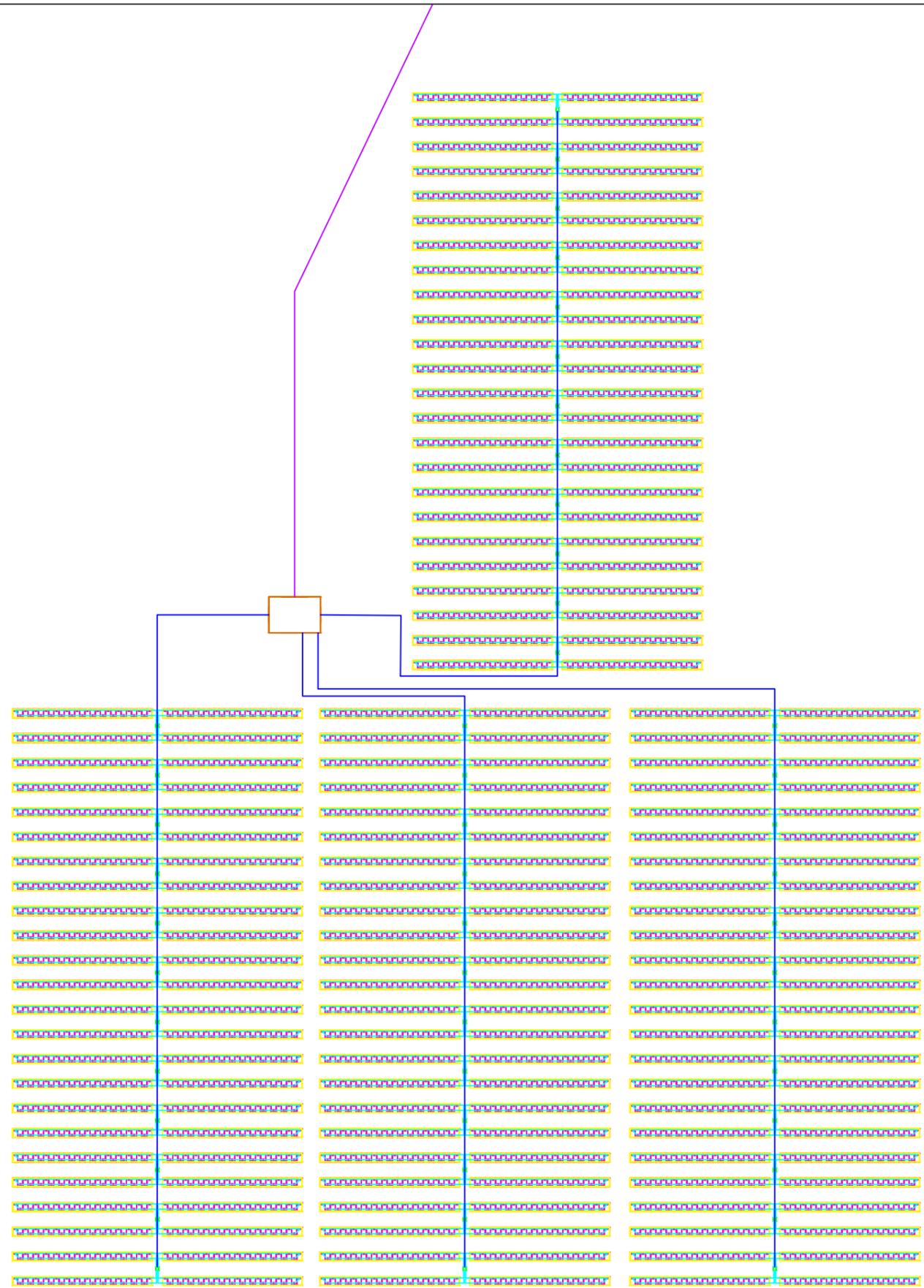
Proyecto de implantación de una planta fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la localidad de Palos de la Frontera

**GRADO DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS**

Nº Plano: **8** 18/09/2018

Escala: **1/500**

**PABLO RUIZ DE DIEGO**



**PLANO DE CONEXIÓN DE LOS CT**

Proyecto de implantación de una planta fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la localidad de Palos de la Frontera

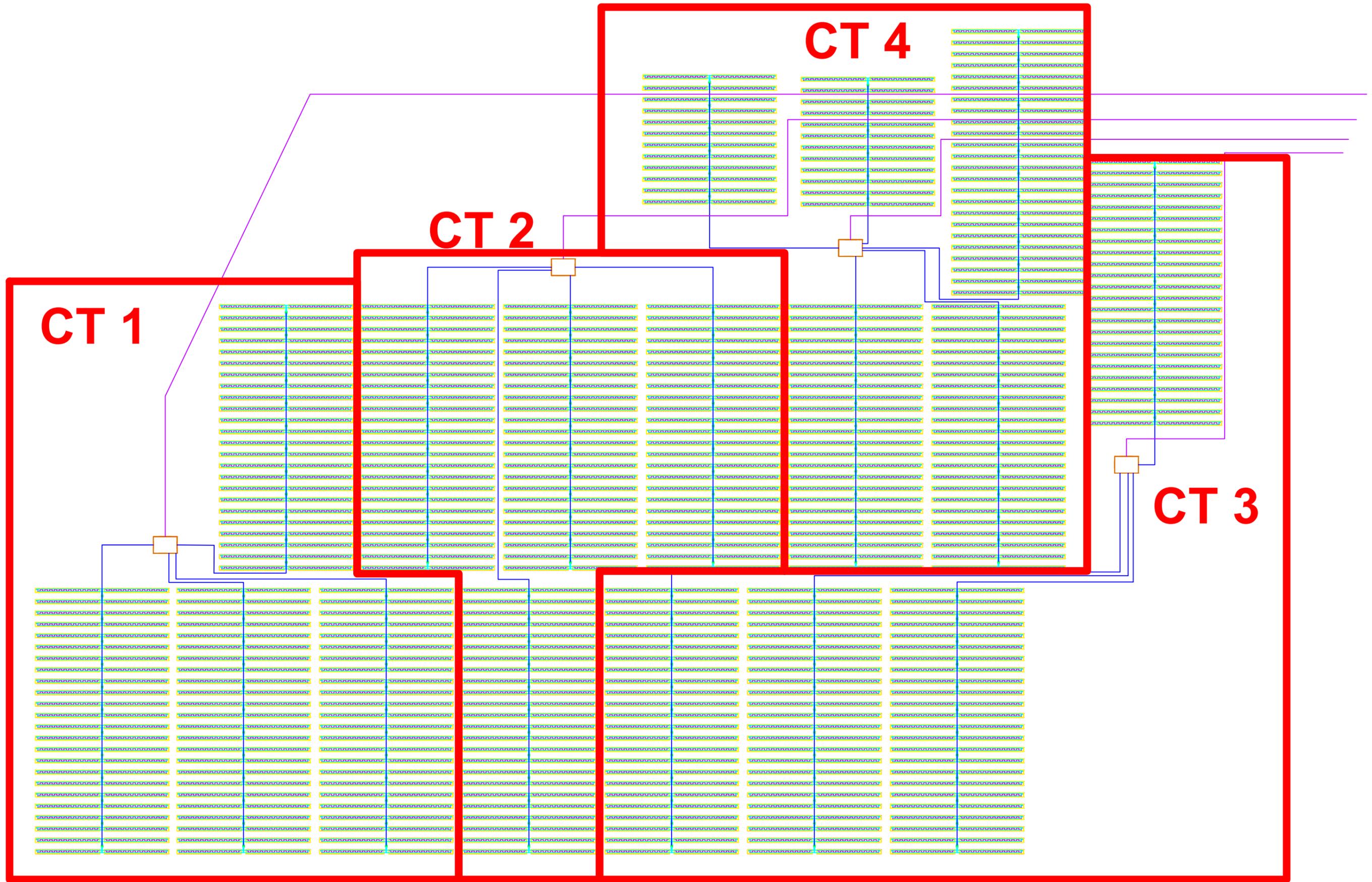
**GRADO DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS**

Nº Plano: **9** 18/09/2018

Escala: **1/1000**

**PABLO RUIZ DE DIEGO**





## DISTRIBUCIÓN DE LOS CT

Proyecto de implantación de una planta fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la localidad de Palos de la Frontera

GRADO DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

Nº Plano: **10** 18/09/2018

Escala: **1/1500**

PABLO RUIZ DE DIEGO

## 3. PRESUPUESTO

### **3. PRESUPUESTO**

INDICE DE CONTENIDOS:

3.1 PRESUPUESTO.

156

## 1. PRESUPUESTO

En la siguiente tabla aparece desglosado el presupuesto total de la instalación de la planta fotovoltaica, punto por punto, centrandó los mayores costes en la compra de paneles fotovoltaicos, inversores y los centros de transformación.

Los artículos de mayor importe, como los paneles fotovoltaicos, soportes, estructuras, inversores y centros de transformación con su apartamiento interior, se han obtenido de ofertas directas de proveedores, mientras que los del resto de materiales, de menor cantidad y menos relevantes, se han obtenido a partir de estimaciones de obras de características similares.

Este presupuesto debe considerarse como punto de partida, pero teniendo en cuenta que el precio final puede variar en función de necesitar más o menos artículos.

En este desglose no se han incluido costes difícilmente cuantificables a priori, como tasas administrativas, impuestos, subvención, sueldos de profesionales, etc.

ARTÍCULOS	Ud.	N.º Ud.	P / Ud.	PRECIO TOTAL
<b>PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
Panel fotovoltaico Solar World modelo SW290	Ud.	20.736	157,10	<b>3.257.625,6</b>
Estructura soporte para 2 paneles fotovoltaicos	Ud.	10.368	157,30	<b>1.630.886,4</b>
<b>INVERSORES</b>				
Inversor ABB modelo PRO-33.0-TL-OUTD	Ud.	192	4.224,56	<b>811.115,52</b>
<b>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>				
Transformador Schneider minera PV 1260	Ud.	4	27.185,00	<b>108.740</b>
Conjunto MT Schneider (celda de protección y de línea)	Ud.	4	11.100,00	<b>44.400</b>
DC Box 6 entradas 160 A	Ud.	8	1.125,00	9.000
Interruptor corte en carga con bobina de disparo y motorizado para rearme, Schneider NSX 1000 NA DC PV	Ud.	16	2.730,00	43.680
Interruptor automático NS 1250 N – 3P equipado con unidad Micológica 2.0	Ud.	8	3.184,00	25.472
Vigilante de aislamiento Cirprotec Iso Check PV 1000	Ud.	8	154,80	1.238,4
Vigilante de aislamiento Cirprotec Iso Check 230	Ud.	8	127,20	1.017,6
Sistema de alimentación auxiliar de 10 kVA para servicios auxiliares	Ud.	4	1.480,00	5.920
Cuadro de maniobra sistemas de protección	Ud.	4	1.490,00	5.968
Cableados interiores y conexiones de potencia	Ud.	4	145,00	580
<b>CABLEADO</b>				
<b>Cableado de corriente continua</b>				
Cable RV-K 1x70 negro	m.	39.670	9,01	357.426,7
<b>Cableado de corriente alterna</b>				
Cable Prysmian Voltanele Flamex de 95 mm <sup>2</sup>	m.	345	32,24	11.122,8
Cable Prysmian Voltanele Flamex de 70 mm <sup>2</sup>		518,64	30,78	15.963,74
Cable Prysmian Voltanele Flamex de 50 mm <sup>2</sup>	m.	1.427	29,35	41.882,45
Cable Prysmian Voltanele Flamex de 35 mm <sup>2</sup>	m.	523	25,66	13.420,18
Cable Prysmian Voltanele Flamex de 25 mm <sup>2</sup>	m.	69	23,57	1.626,33
<b>OBRA CIVIL</b>				
Hormigón CT	m <sup>3</sup>	840	70	58.800
<b>TOTAL</b>				<b>6.461.849,46</b>
<b>GASTOS GENERALES (6%)</b>				387.710,96
<b>BENEFICIO INDUSTRIAL (16%)</b>				1.095.929,67
<b>TOTAL, SIN IVA</b>				<b>7.557.779,13</b>
<b>IVA (21%)</b>				1.587.133,62
<b>TOTAL, PRESUPUESTO INSTALACIÓN</b>				<b>9.144.912,75</b>

## **4. PLIEGO DE CONDICIONES**



#### **4. PLIEGO DE CONDICIONES**

##### INDICE DE CONTENIDOS:

4.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.	160
--------------------------------------	-----

## 4.1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

#### **4.1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

##### INDICE DE CONTENIDOS:

1. OBJETO DEL PLIEGUE.	162
2. CALIDAD DE LOS OPERARIOS.	163
3. MATERIALES Y COMPONENTES.	164
4. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA.	167
5. PROYECTO Y DIRECCIÓN DE OBRA.	169
6. PUESTA EN MARCHA.	170
7. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE TÉCNICO.	171
8. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.	172
9. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE ECONÓMICO.	182
10. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE LEGAL.	192

## 1. OBJETO DEL PLIEGUE

El presente pliego de condiciones técnicas particulares viene a determinar las condiciones a las que deberá sujetarse el contratista para la ejecución de las obras e instalaciones descritas en el presente proyecto, así como, la correcta ejecución de las obras como las características y los métodos que permitan determinar la correcta selección de los materiales a utilizar.

## 2. CALIDAD DE LOS OPERARIOS

Para cada trabajo específico se dispondrá de mano de obra especializada, y en posesión de la preceptiva autorización o titulación emitida por el Organismo competente en el tema, debiendo ejecutar la instalación a satisfacción del director de obra.

En cada caso, la calidad de la mano de obra estará de acuerdo con la dificultad del trabajo a realizar, pudiendo el director de la obra, si lo estima necesario exigir la presentación de la cartilla profesional, y cuantas pruebas crea necesarias para acreditar el cumplimiento de esta condición.

### 3. MATERIALES Y COMPONENTES

Todos los materiales que se utilicen en la obra cumplirán todas las normas y Reglamentos Oficiales que sobre el particular están en vigor.

La ejecución de las diferentes unidades de obra cumplirá estrictamente lo especificado en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, así como todas aquellas indicaciones procedentes del director de la obra. Tanto para asegurar la calidad en los materiales, como de la ejecución de las diferentes unidades, será preciso realizar por el contratista todos aquellos ensayos que ordene el mencionado director de la obra.

El funcionamiento de la instalación no debe provocar averías en el funcionamiento de la red, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa aplicable.

De igual modo el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Aquellos materiales que estén situados a la intemperie se protegerán adecuadamente contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la humedad y de la radiación solar.

Todos aquellos elementos de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica serán incluidos, asegurando de este modo la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas y todo aquello que ponga en peligro a las personas o a los equipos. Serán incluidos igualmente otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación vigente.

#### Módulos fotovoltaicos

Todos los módulos deberán satisfacer la normativa UL-1703, IEC-61215, IEC-61730, y deberán estar cualificados por algún laboratorio reconocido, para lo cual será necesaria la presentación del certificado oficial correspondiente.

#### Inversores

Deberán cumplir con la normativa correspondiente a los Inversores, Convertidores y Controladores para uso en sistemas independientes UL-1741, Uso General de los Suministros de Potencia CAN/CSA C22.2No.107.1-1, y con las normativas UL-1998, IEEE1547-2003 / IEEE1547.1-2005, IEEE62.41.2, IEEE37.90.1, IEEE C37.90.2.

La construcción de la unidad será tal que pueda ser izado, movido y/o deslizado a su soporte sin que sean dañadas las partes que lo componen.

Deberán estar cualificados por algún laboratorio reconocido, para lo cual será necesaria la presentación del certificado oficial correspondiente.

#### Transformador

El diseño del transformador tipo Minera PV-1260 trifásico consistirá en un tanque con compartimentos para media y baja tensión separados por una barrera de metal u otro material rígido como se muestra en la norma ANSI C57.12.26.

La construcción de la unidad será tal que pueda ser izado, movido y/o deslizado a su soporte sin que sean dañadas las partes que lo componen.

La pintura del transformador deberá ser durable y resistente a la corrosión y deberá cumplir las condiciones de la norma ASTM B117.

Las pérdidas en los devanados del transformador a potencia nominal deberán estar de acuerdo con lo establecido en la norma ANSI C57.12.00 y ANSI C57.12.90.

El aceite aislante o dieléctrico deberá ser nuevo, de un aceite mineral no usado y que reúna los requerimientos de la norma ASTM D3487, y deberá superar las pruebas exigidas en la norma ASTM D117. No deberá contener Policloruros de Bifenilos ni ninguno de sus derivados, ni Polihalogenados u otros compuestos tóxicos. Así como no tener efectos tóxicos ni negativos sobre el medio ambiente, la salud de los seres humanos o ser perjudicial para los seres vivos.

Todos los ensayos deberán realizarse de acuerdo a las normas ANSI C57.12.00 y ANSI C57.12.90.

- Normativa: IEEE C57.12.00, IEEE C57.12.34, IEEE C57.12.28, IEEE C57.12.70, IEEE C57.12.80, IEEE C57.12.90, IEEE C57.13, ANSI/IEEE 386, ASTM D877, NEMA AB1, NEMA TR1.
- Potencia nominal: 1260 kVA.
- Tensión nominal primaria: 2x350 V.
- Tensión nominal secundaria: 20 V.
- Nivel de aislamiento primario: 24 kV.
- Tensión de cortocircuito: 6%.
- Grupo de conexión: Dy11y11.

Estarán adaptados para operar en intemperie y en zonas de sismicidad media.

## Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo establecido en el National Electric Code (NEC) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas.

## Puesta a tierra

Todas las puestas a tierra cumplirán con las especificaciones definidas en el artículo 250 del National Electric Code (NEC) y con la normativa IEEE-80-2000.

## Estructura soporte de los paneles

Cumplirán con la normativa:

- ASTM A123: Standard Specification for Structural Steel Products.
- ASTM A153: Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel.

## Hardware

- ASTM A385: Standard Practice for Providing High-Quality Zinc Coatings (Hot-Dip)
- ASTM A653: Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process.
- ASTM A767: Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Bars for Concrete Reinforcement.
- ASTM A780: Standard Practice for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings.
- ASTM A902: Standard Terminology Relating to Metallic Coated Steel Products.
- ASTM D6386-99: Standard Practice for Preparation of Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coated Iron and Steel Product and Hardware Surfaces for Painting.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales.

## 4. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA

El contratista principal queda obligado al cumplimiento de las prescripciones técnicas contenidas en este pliego y de las recomendaciones que sobre cualquier particular pueda aconsejar la dirección facultativa, así como todas las disposiciones de tipo oficial que estén vigentes.

### Representación facultativa

El contratista estará obligado a tener en las obras al frente del personal y por su cuenta, un técnico con titulación profesional, el cual tendrá, entre otras funciones, la de vigilar que se cumplan las instrucciones de los técnicos directores, así como intervenir y comprobar los replanteos y demás operaciones técnicas que se le encomienden.

### Personal especializado y cualificado

Si los trabajos exigiesen para su realización personal especializado o cualificado, el técnico podrá solicitar en todo momento la presentación de los documentos necesarios que acrediten la adecuada titulación. Asimismo, el personal, al igual que la maquinaria, tendrá que estar asegurado de manera que queden cubiertas todas las responsabilidades en el caso de que se produzca un accidente dentro de la obra.

### Indemnización a los propietarios afectados

Será responsable el contratista de los daños que puedan producirse por negligencia o descuido a su personal.

### Balizamiento y protección de las obras

El contratista, deberá señalar las obras correctamente, estableciendo, a su cargo, los elementos de balizamiento y las vallas de protección que resulten necesarias para evitar accidentes.

### Maquinarias y medios auxiliares

El contratista estará obligado a disponer en la obra, tanto de la maquinaria como de los medios auxiliares más idóneos para la realización de los distintos trabajos.

### Gastos de pruebas

Todas las obras auxiliares operaciones preliminares que se precisen para llevar a cabo la ejecución de la obra serán realizadas por el contratista a su cuenta, considerando su costo incluido en el coste indirecto de la obra.

### Dirección técnica de las obras

El contratista sólo ejecutará las órdenes que vengan directamente de los Técnicos Directores, que serán los encargados de la dirección, control y vigilancia de las obras.

El adjudicatario tendrá en obra durante la ejecución de los trabajos, un Jefe de Obra que será el coordinador responsable principal de las obras.

### Modo de abonar las obras incompletas

Cuando por escisión o causas fuera preciso, se aplicarán los precios del presupuesto general del proyecto, o en su caso el presupuesto previamente aceptado, sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra en otra forma.

En ninguno de estos casos tendrá derecho el contratista a reclamación alguna fundada en la insuficiencia de los precios señalados o en omisiones de cualquiera de los elementos que constituyen los referidos precios.

### Rescisión y traspaso del contrato

El contratista no podrá en ningún caso traspasar el contrato, ni dar los trabajos a destajistas sin la previa autorización del concesionario. Si el contratista falleciera o se declarara en suspensión de pagos o quiebra, el contratista no queda relevado de todo compromiso hacia los sucesores o herederos que seguirán siendo responsables hasta que terminen las garantías estipuladas por la parte de los trabajos que aquel hubiera ejecutado.

Si el contrato no cumpliera alguna de las condiciones estipuladas a juicio del técnico director de la obra, cuyas órdenes deben ser atendidas por el contratista, el concesionario se reserva el derecho de rescindir el contrato que en base a estas especificaciones se suscribirá.

## 5. PROYECTO Y DIRECCIÓN DE OBRA

Todo lo mencionado en el pliego de condiciones o memoria, y omitido en los planos o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera en ambos documentos. En caso de contradicción entre memoria, planos o pliego de condiciones, prevalecerá lo escrito en este último.

Las omisiones en planos y pliego de condiciones, descripciones erróneas de los detalles de la obra, que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo el espíritu e intención expuesto en los planos y pliego de condiciones, o que por uso y costumbre deban ser realizados, no exime al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles, sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran sido completa y correctamente especificados en los planos y pliego de condiciones. En todo caso el contratista deberá consultar con la dirección de obra.

La dirección e inspección de las obras e instalaciones corresponden al técnico director del proyecto.

El director de la obra interpretará el proyecto y dará las órdenes para su desarrollo, marcha y disposición de la obra, así como las modificaciones que estime oportunas.

Las medidas que figuran en la memoria y planos, así como las mediciones que figuran en el presupuesto, se entenderán como aproximados, debiendo cumplir el adjudicatario lo que en este aspecto ordene el director de la obra.

## 6. PUESTA EN MARCHA

El contratista se obliga a realizar por su cuenta todas las gestiones y tramitaciones que sean precisos para la total puesta en funcionamiento de las instalaciones proyectadas de cara al Ayuntamiento y demás organismos competentes para cuyos trámites deberán ceñirse a las disposiciones vigentes.

## 7. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE TÉCNICO

Todos los materiales, y en general todas las unidades que intervengan en la instalación objeto del presente proyecto, se adaptarán en su totalidad a lo que se especifica en el presupuesto. Cualquier modificación de éste deberá ser supervisada y aprobada por el técnico director de la instalación.

El director de la obra se reserva el derecho a rechazar cualquier material, o unidad de obra, que sea inadmisibles en una buena instalación.

El contratista deberá presentar oportunamente muestras de la clase de materiales que se le solicite, para su aprobación.

Los elementos especiales se harán según detalles constructivos firmados por el técnico director de la instalación y serán supervisados por el mismo antes de su ejecución.

La recepción definitiva de la obra la hará el técnico director de la misma a requerimiento del propietario y mediante certificado oportuno.

## 8. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE FACULTATIVA

### Definiciones

#### Propiedad o propietario

Se denominará como “Propiedad” a la entidad que encarga la redacción y ejecución del presente Proyecto. La Propiedad o el Propietario se atenderá a las siguientes obligaciones:

- Antes del inicio de las obras, la Propiedad proporcionará al Ingeniero Director una copia del Contrato firmado con el Contratista, así como una copia firmada del presupuesto de las Obras a ejecutar, confeccionado por el Contratista y aceptado por él. De igual manera, si así fuera necesario, proporcionará el permiso para llevar a cabo los trabajos si fuera necesario.
- Durante la ejecución de las obras, la Propiedad no podrá en ningún momento dar órdenes directas al Contratista o personal subalterno. En todo caso, dichas órdenes serán transmitidas a través de la Dirección Facultativa.
- Una vez terminadas y entregadas las obras, la Propiedad no podrá llevar a cabo modificaciones en las mismas, sin la autorización expresa del Ingeniero autor del Proyecto.

#### Ingeniero director

Será aquella persona que, con titulación académica suficiente y plena de atribuciones profesionales según las disposiciones vigentes, reciba el encargo de la Propiedad de dirigir la ejecución de las Obras, y en tal sentido, será el responsable de la Dirección Facultativa. Su misión será la dirección y vigilancia de los trabajos, bien por sí mismo o por sus representantes.

El Ingeniero Director tendrá autoridad técnico-legal completa, incluso en lo no previsto específicamente en el presente Pliego de Condiciones Generales, pudiendo recusar al Contratista si considera que el adoptar esta resolución es útil y necesaria para la buena marcha de la ejecución de los trabajos.

Le corresponden además las facultades expresadas en el presente Pliego de Condiciones Generales.

#### Dirección facultativa

Estará formada por el Ingeniero Director y por aquellas personas tituladas o no, que al objeto de auxiliar al Ingeniero Director en la realización de su cometido ejerzan, siempre bajo las órdenes directas de éste, funciones de control y vigilancia, así como las específicas por él encomendadas.

#### Suministrador

Será aquella persona jurídica o entidad, que, mediante el correspondiente Contrato, realice la venta de alguno de los materiales comprendidos en el presente Proyecto.

La misma denominación recibirá quien suministre algún material, pieza o elemento no incluido en el presente Proyecto, cuando su adquisición haya sido considerada como necesaria por parte del Ingeniero Director para el correcto desarrollo de los trabajos.

#### Contrata o contratista

Será aquella entidad o persona jurídica que reciba el encargo de ejecutar algunas de las unidades de Obra que figuran en el presente Proyecto. El Contratista, cuando sea necesaria su actuación o presencia según la contratación o lo establecido en el presente Pliego de Condiciones Generales, podrá ser representado por un delegado previamente aceptado por parte de la Dirección Facultativa. Este delegado tendrá capacidad para:

- Organizar la ejecución de los trabajos y poner en prácticas las órdenes recibidas del Ingeniero Director.
- Proponer a la Dirección Facultativa o colaborar en la resolución de los problemas que se planteen en las ejecuciones de los trabajos.

El delegado del Contratista tendrá la titulación profesional mínima exigida por el Ingeniero Director. Asimismo, éste podrá exigir también, si así lo creyese oportuno, que el Contratista designe además al personal facultativo necesario bajo la dependencia de su técnico delegado.

Por otra parte, el Ingeniero Director podrá recabar del Contratista la designación de un nuevo delegado, y en su caso cualquier facultativo que de él dependa, cuando así lo justifique su actuación y los trabajos a realizar.

Se sobrentiende que antes de la firma del Contrato, el Contratista ha examinado toda la documentación necesaria del presente Proyecto, para establecer una evaluación económica de los trabajos, estando conforme con ella.

## Oficina de obra

El Contratista habilitará en la propia Obra, una oficina, local o habitáculo, que contendrá como mínimo una mesa y tableros, donde se expongan todos los planos correspondientes al presente Proyecto y de Obra que sucesivamente le vaya asignando la Dirección Facultativa, así como cuantos documentos estime convenientes la citada Dirección.

Durante la jornada de trabajo, el contratista por sí, o por medio de sus facultativos, representantes o encargados, estarán en la Obra, y acompañarán al Ingeniero Director y a sus representantes en las visitas que lleven a cabo a las Obras, incluso a las fábricas o talleres donde se lleven a cabo trabajos para la Obra, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que consideren necesarios, suministrándoles

## Trabajos no estipulados en el pliego de condiciones generales

Es obligación del Contratista ejercer cuanto sea posible y necesario para la buena realización y aspecto de las Obras, aun cuando no se halle expresamente estipulado en el Pliego de Condiciones Generales, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero Director y esté dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos determinen para cada unidad de Obra, y tipo de ejecución.

## Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

Cuando se trata de aclarar, interpretar o modificar preceptos del Pliego de Condiciones Generales o indicaciones de planos, las órdenes o instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando este obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el “enterado”, que figurará al pie de todas las órdenes o avisos que reciban, tanto de los encargados de la vigilancia de las Obras como el Ingeniero Director.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el Contratista, en contra de las disposiciones tomadas por éstos, habrá de dirigirla, dentro del plazo de quince (15) días, al inmediato superior técnico del que la hubiera dictado, pero por conducto de éste, el cual dará al Contratista el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

## Reclamaciones contra las órdenes del ingeniero director

Las reclamaciones que el Contratista quiera formular contra las órdenes dadas por el Ingeniero Director, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, y a través de este si son

de origen económico. Contra las disposiciones de orden técnico o facultativo, no se admitirá reclamación alguna.

Aun así, el Contratista podrá salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Ingeniero Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

#### Recusación por el contratista de la dirección facultativa

El Contratista no podrá recusar al Ingeniero Director, Ingeniero Técnico, Perito o persona de cualquier índole dependiente de la Dirección Facultativa o de la Propiedad encargada de la vigilancia de las Obras, ni pedir que por parte de la Propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

#### Despidos por falta de subordinación, por incompetencia o por manifiesto de mala fe

Por falta de respeto y obediencia al Ingeniero Director, a sus subalternos de cualquier clase, encargados de la vigilancia de las Obras, por manifiesta incapacidad o por actos que comprometan y perturben la marcha de los trabajos, el Contratista tendrá la obligación de despedir a sus dependientes cuando el Ingeniero Director así lo estime necesario.

#### Comienzo de las obras, ritmo y ejecución de los trabajos

El Contratista iniciará las Obras dentro de los treinta (30) días siguientes al de la fecha de la firma de la escritura de contratación, y será responsable de que estas se desarrollen en la forma necesaria a juicio del Ingeniero Director para que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo de ejecución de esta, que será el especificado en el Contrato. En caso de que este plazo no se encuentre especificado en el Contrato, se considerará el existente en la memoria descriptiva del presente Proyecto.

Obligatoriamente y por escrito, el Contratista deberá dar cuenta al Ingeniero Director del comienzo de los trabajos, dentro de las siguientes veinticuatro horas desde el comienzo de estos.

#### Orden de los trabajos

En un plazo inferior a los cinco (5) días posteriores a la notificación de la adjudicación de las Obras, se comprobará en presencia del Contratista, o de un representante, el replanteo de los trabajos, extendiéndose acta.

Dentro de los quince (15) días siguientes a la fecha en que se notifique la adjudicación definitiva de las Obras, el Contratista deberá presentar inexcusablemente al Ingeniero

Director un Programa de Trabajos en el que se especificarán los plazos parciales y fechas de terminación de las distintas clases de Obras.

El citado Programa de Trabajo una vez aprobado por el Ingeniero Director, tendrá carácter de compromiso formal, en cuanto al cumplimiento de los plazos parciales en él establecidos.

El Ingeniero Director podrá establecer las variaciones que estime oportunas por circunstancias de orden técnico o facultativo, comunicando las órdenes correspondientes al Contratista, siendo éstas de obligado cumplimiento, y el Contratista directamente responsable de cualquier daño o perjuicio que pudiera sobrevenir por su incumplimiento.

En ningún caso se permitirá que el plazo total fijado para la terminación de las Obras sea objeto de variación, salvo casos de fuerza mayor o culpa de la Propiedad debidamente justificada.

#### Libro de órdenes

El Contratista tendrá siempre en la Oficina de Obra y a disposición del Ingeniero Director un “Libro de Ordenes y Asistencia”, con sus hojas foliadas por duplicado, en el que redactará las que crea oportunas para que se adopten las medidas precisas que eviten en lo posible los accidentes de todo género que puedan sufrir los obreros u operarios, los viandantes en general, las fincas colindantes o los inquilinos en las obras de reforma que se efectúen en edificios habitados, así como las que crea necesarias para subsanar o corregir las posibles deficiencias constructivas que haya observado en las diferentes visitas a la Obra, y en suma, todas las que juzgue indispensables para que los trabajos se lleven a cabo correctamente y de acuerdo, en armonía con los documentos del Proyecto.

Cada Orden deberá ser extendida y firmada por el Ingeniero Director y el “Enterado” suscrito con la firma del Contratista o de su encargado en la Obra. La copia de cada orden extendida en el folio duplicado quedará en poder del Ingeniero Director. El hecho de que en el citado libro no figuren redactadas las órdenes que preceptivamente tiene la obligación de cumplimentar el Contratista, no supone eximente o atenuante alguna para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista.

#### Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto que haya servido de base al Contratista, a las modificaciones de este que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad entregue el Ingeniero Director al Contratista siempre que éstas encajen dentro de la cifra a que ascienden los presupuestos aprobados.

### Ampliación del proyecto por causas imprevistas

El Contratista está obligado a realizar con su personal y sus materiales, cuando la Dirección de las Obras disponga para, apuntalamientos, apeos, derribo, recalzados o cualquier Obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en el presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que mutuamente convengan.

### Prórrogas por causas de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Contratista, y siempre que esta causa sea distinta de las que se especifican como de rescisión en el capítulo correspondiente a la Condiciones de Índole Legal, aquel no pudiese comenzar las Obras, tuviese que suspenderla, o no fuera capaz de terminarla en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcional para el cumplimiento del Contratista, previo informe favorable del Ingeniero Director. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Ingeniero Director, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originará en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

### Obras ocultas

De todos los trabajos y unidades que hayan de quedar ocultos a la terminación de las Obras, se levantarán los planos precisos e indispensables para que queden perfectamente definidos. Estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose de la siguiente manera: uno a la Propiedad, otro al Ingeniero Director y el Tercero al Contratista, firmados todos ellos por estos dos últimos.

### Trabajos defectuosos

El Contratista deberá emplear los materiales señalados en el presente Proyecto y realizará los trabajos, de acuerdo con el mismo. Y en todo caso según las indicaciones de la Dirección Facultativa. Por ello y hasta tanto en cuanto tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas o defectos que en estos puedan existir por su mala ejecución o por el empleo de materiales de deficiente calidad no autorizados expresamente por el Ingeniero Director aun cuando éste no le haya llamado la atención sobre el particular o hayan sido abonadas las certificaciones parciales correspondientes.

### Modificación de trabajos defectuosos

Como consecuencia que se desprende del artículo 2.15, cuando el Ingeniero Director advierta vicios o defectos en las Obras, ya sea en el curso de ejecución de los trabajos o finalización éstos y antes de verificarse la recepción definitiva, podrá disponer que las partes defectuosas sean desmontadas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas del Contratista.

Si el Contratista no estimase justa la resolución y se negase al desmontaje o demolición y posterior reconstrucción ordenadas, se procederá de acuerdo con lo establecido en el artículo 2.19 siguiente.

### Vicios ocultos

Si el Ingeniero Director tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las Obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, antes de la recepción definitiva de la Obra, demoliciones o correcciones que considere necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos. No obstante, la recepción definitiva no eximirá al Contratista de responsabilidad si se descubrieran posteriormente vicios ocultos.

Los gastos de demolición o desinstalación, así como los de reconstrucción o reinstalación que se ocasionen serán por cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente, y en caso contrario, correrán a cargo del propietario.

### Materiales no utilizados

El Contratista, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar de la Obra en el que por no causar perjuicio a la marcha de los trabajos se le designe, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc.... que no sean utilizables en la Obra.

De igual manera, el Contratista queda obligado a retirar los escombros ocasionados, trasladándolos al vertedero.

Si no hubiese preceptuado nada sobre el particular se retirarán de ella cuando así lo ordene el Ingeniero Director, mediante acuerdo previo con el Contratista estableciendo su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos correspondientes a su transporte.

## Material es y equipos defectuosos

Cuando los materiales y/o los equipos no fueran de la calidad requerida o no estuviesen debidamente preparados, el Ingeniero Director dará orden al Contratista para que los sustituya.

## Medios auxiliares

Serán de cuenta y riesgo del Contratista los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para preservar la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no cabiendo a la Propiedad, por tanto, responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las Obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

Todos estos, siempre que no haya estipulado lo contrario en el Pliego de Condiciones Particulares o Memoria de los trabajos, quedando a beneficio del Contratista, sin que este pueda fundar reclamación alguna en la insuficiencia de dichos medios, cuando estos estén detallados en el presupuesto y consignados por partidaalzada o incluidos en los precios de las unidades de Obra.

## Comprobaciones de las obras

Antes de verificarse las recepciones provisionales y definitivas de las Obras, se someterán a todas las pruebas que se especifican en el Pliego de Condiciones Técnicas o Memoria de cada parte de la Obra, todo ello con arreglo al programa que redacte el Ingeniero Director.

Todas estas pruebas y ensayos serán por cuenta del Contratista. También serán por cuenta del Contratista los asientos o averías o daños que se produzcan en estas pruebas y procedan de la mala construcción o falta de precauciones.

## Normas para las recepciones provisionales

Quince (15) días, como mínimo, antes de terminarse los trabajos o parte de ellos, en el caso que los Pliegos de Condiciones Particulares o Memoria estableciesen recepciones parciales, el Ingeniero Director comunicará a la Propiedad la proximidad de la terminación de los trabajos a fin de que este último señale fecha para el acto de la recepción provisional.

Terminada la Obra, se efectuará mediante reconocimiento su recepción provisional a la que acudirá la Propiedad, el Ingeniero Director y el Contratista.

Del resultado del reconocimiento se levantará un acta por triplicado, firmada por los asistentes legales.

Si las Obras se hubieran ejecutado con sujeción a lo contratado, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía establecido en el artículo

Si el Contratista no hubiese cumplido, se declarará rescindida la Contrata, con pérdida de fianza, a no ser que el Propietario acceda a conceder un nuevo e improrrogable plazo.

La recepción provisional de las Obras tendrá lugar dentro del mes siguiente a la terminación de las Obras, pudiéndose realizar recepciones provisionales parciales.

#### Conservación de las obras recogidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendida entre las recepciones parciales y la definitiva correrán por cargo del Contratista.

Si las Obras o instalaciones fuesen ocupadas o utilizadas antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza, reparaciones causadas por el uso, correrán a cargo del Propietario, mientras que las reparaciones por vicios de Obra o por defecto en las instalaciones serán a cargo del Contratista.

#### Medición definitiva de los trabajos

Recibidas provisionalmente las Obras, se procederá inmediatamente por la Dirección Facultativa a su medición general y definitiva con precisa asistencia del Contratista o un representante suyo nombrado por él o de oficio en la forma prevenida para la recepción de Obras.

Servirán de base para la medición los datos del replanteo general; los datos de los replanteos parciales que hubieran exigido el curso de los trabajos; los datos de cimientos y demás partes ocultas de las Obras tomadas durante la ejecución de los trabajos con la firma del Contratista y la Dirección Facultativa; la medición que se lleve a efecto en las partes descubiertas de la Obra; y en general, los que convengan al procedimiento consignado en las condiciones de la Contrata para decidir el número de unidades de Obra de cada clase ejecutadas; teniendo presente salvo pacto en contra, lo preceptuado en los diversos capítulos del Pliego de Condiciones Técnicas o Memoria.

Tanto las mediciones parciales, para la confección de la certificación, como la certificación final, la llevarán a cabo la Dirección Facultativa y la Contrata, levantándose acta de esta por triplicado, debiendo aparecer la conformidad de ambos en los documentos que la acompañan.

En caso de no haber conformidad por parte de la Contrata, ésta expondrá sumariamente y a reserva de ampliarlas, las razones que a ello le obliguen.

Lo mismo en las mediciones parciales como en la final se entiende que estas comprenderán las unidades de Obra realmente ejecutadas.

#### Recepción definitiva de las obras

Finalizado el plazo de garantía y si se encontrase en perfecto estado de uso y conservación, se dará por recibida definitivamente la Obra, quedando relevado el Contratista a partir de este momento de toda responsabilidad legal que le pudiera corresponder por la existencia de defectos visibles. En caso contrario, se procederá en la misma forma que en la recepción definitivamente recibida.

De la recepción definitiva, se levantará un acta por triplicado por la Propiedad, el Ingeniero Director y el Contratista, que será indispensable para la devolución de la fianza depositada por la Contrata. Una vez recibidas definitivamente las Obras, se procederá a la liquidación correspondiente que deberá quedar terminada en un plazo no superior a seis (6) meses.

El contratista estará obligado a entregar los planos definitivos, si hubiesen tenido alguna variación con los del Proyecto a la firma del Acta de Recepción. Estos planos serán reproducibles.

#### Plazos de garantía

El plazo de garantía de las Obras es de UN (1) AÑO partir de la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Durante este tiempo, el Contratista es responsable de la conservación de la obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Asimismo, hasta tanto se firme el Acta de Recepción Provisional, el Contratista garantizará la a la Propiedad contra toda reclamación de terceros fundada por causas y por ocasión de la ejecución de la obra.

Una vez cumplido dicho plazo, se efectuará el reconocimiento final de las Obras, y si procede su recepción definitiva.

## 9. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE ECONÓMICO

### Base fundamental.

Como base fundamental de estas condiciones, se establece que el Contratista debe percibir de todos los trabajos efectuados su real importe, siempre de acuerdo, y con sujeción al Proyecto y condiciones generales y particulares que han de regir la Obra.

### Garantía.

La Dirección podrá exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de que este reúne todas las condiciones de solvencia requeridas para el exacto cumplimiento del Contrato; dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del Contrato.

Asimismo, deberá acreditar el título oficial correspondiente a los trabajos que el mismo vaya a realizar.

### Fianza.

La fianza que se exige al Contratista para que responda del cumplimiento de lo contratado, será convenido previamente entre el Ingeniero Director y el Contratista, entre una de las siguientes fórmulas:

- Depósito de valores públicos del Estado por un importe del diez por ciento (10%) del presupuesto de la obra contratada.
- Depósito en metálico de la misma cuantía indicada en el importe anterior.
- Depósito previo en metálico, equivalente al cinco por ciento (5%) del presupuesto de la Obra o trabajos contratados, que se incrementará hasta la cuantía de un diez por ciento (10%) del presupuesto mediante deducciones del cinco por ciento (5%) efectuadas en el importe de cada certificación abonada al Contratista.
- Descuentos del diez por ciento (10%) efectuados sobre el importe de cada certificación abonada al Contratista.

### Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza

Si el Contratista se negase a realizar, por su cuenta los trabajos, precisos, para ultimar la Obra, en las condiciones contratadas, el Ingeniero Director, en nombre y representación de la Propiedad, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que

tenga derecho la Propiedad en caso de que la fianza no bastase para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades de Obra, que no fuesen de recibo.

De su devolución en general

La fianza depositada, será devuelta al Contratista, previo expediente de devolución correspondiente, una vez firmada el acta de la recepción definitiva de la Obra, siempre que se haya acreditado que no existe reclamación alguna contra aquel, por los daños y perjuicios que sean de su cuenta, o por deudas de jornales, o de materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

De su devolución en caso de efectuarse recepciones parciales

Si el Propietario creyera conveniente hacer recepciones parciales, no por ello tendrá derecho el Contratista, a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza, cuya cuantía quedará sujeta a las condiciones preceptuadas en el artículo 3.5.

[Revisión de precios.](#)

Para que el Contratista tenga derecho a solicitar alguna revisión de precios, será preceptivo que tal extremo figure expresamente acordado en el Contrato, donde deberá especificarse los casos concretos en los cuales podrá ser considerado.

En tal caso, el Contratista presentará al Ingeniero Director el nuevo presupuesto donde se contemple la descomposición de los precios unitarios de las partidas, según lo especificado en el artículo 3.9.

En todo caso, salvo que se estipule lo contrario en el Contrato, se entenderá que rige sobre este particular el principio de reciprocidad, reservándose en este caso la Propiedad, el derecho de proceder a revisar los precios unitarios, si las condiciones de mercado así lo aconsejarán.

[Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas.](#)

Si el Contratista, antes de la firma del Contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto, que sirve de base para la ejecución de los trabajos.

Tampoco se le administrará reclamación alguna, fundada en indicaciones que sobre los trabajos se haga en las memorias, por no tratarse estos documentos los que sirven de base a la Contrata.

Las equivocaciones materiales, o errores aritméticos, en las cantidades de Obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observase, pero no se tendrá en cuenta a los efectos de la rescisión del Contrato.

### Descomposición de los precios unitarios.

Para que el Contratista tenga derecho a pedir la revisión de precios a que se refiere el artículo 3.7., será condición indispensable que antes de comenzar todas y cada una de las unidades de Obra contratadas, reciba por escrito la conformidad del Ingeniero Director, a los precios descompuestos de cada una de ellas, que el Contratista deberá presentarle, así como la lista de precios de jornales, materiales, transportes y los porcentajes que se expresan al final del presente artículo.

El Ingeniero Director valorará la exactitud de la justificación de los nuevos precios, tomando como base de cálculo tablas o informes sobre rendimiento de personal, maquinaria, etc. editadas por Organismos Nacionales o Internacionales de reconocida solvencia, desestimando aquellos gastos imputables a la mala organización, improductividad o incompetencia de la Contrata.

A falta de convenio especial, los precios unitarios se descompondrán preceptivamente como sigue:

- Materiales: cada unidad de Obra que se precise de cada uno de ellos, y su precio unitario respectivo de origen.
- Mano de obra: por categorías dentro de cada oficio, expresando el número de horas invertido por cada operario en la ejecución de cada unidad de Obra, y los jornales horarios correspondientes.
- Transportes de materiales: desde el punto de origen al pie del tajo, expresando el precio del transporte por unidad de peso, de volumen o de número que la costumbre tenga establecidos en la localidad.
- Tanto por ciento de medios auxiliares y de seguridad: sobre la suma de los conceptos anteriores en las unidades de Obra que los precisen.
- Tanto por ciento de seguros y cargas fiscales: vigentes sobre el importe de la mano de Obra, especificando en documento aparte la cuantía de cada concepto del Seguro, y de la Carga.
- Tanto por ciento de gastos generales y fiscales: sobre la suma de los conceptos correspondientes a los apartados de materiales y mano de Obra.
- Tanto por ciento de beneficio industrial del contratista: aplicado la suma total de los conceptos correspondientes a materiales, mano de Obra, transportes de materiales, y los tantos por ciento aplicados en concepto de medios auxiliares y de seguridad y de Seguros y Cargas fiscales. El Contratista deberá asimismo presentar una lista con los precios de jornales, de los materiales de origen, del transporte, los tantos por ciento que imputaban cada uno de los Seguros, y las Cargas Sociales vigentes, y los conceptos y cuantías de las partidas que se incluyen en el concepto de Gastos Generales, todo ello referido a la fecha de la firma del Contrato.

#### Precios e importes de ejecución material.

Se entiende por precios de ejecución material para cada unidad de Obra los resultantes de la suma de las partidas que importan los conceptos correspondientes a materiales, mano de Obra, transportes de materiales, y los tantos por ciento aplicados en concepto de medios auxiliares y de seguridad y de Seguros y Cargas fiscales.

De acuerdo con lo establecido, se entiende por importe de ejecución material de la Obra, a la suma de los importes parciales, resultantes de aplicar a las mediciones de cada unidad de Obra, los precios unitarios de ejecución material, calculados según lo expuesto.

#### Precios e importes de ejecución por contrata.

Se entenderá por precios de ejecución por Contrata, al importe del coste total de cada unidad de Obra, es decir, el precio de ejecución material, más el tanto por ciento que importen los Gastos Generales y Fiscales, gastos imprevistos, y beneficio industrial. En consecuencia, se entenderá como importe de ejecución por Contrata a la suma de los costos totales de ejecución por Contrata de todas las unidades que componen la Obra.

#### Gastos generales y fiscales.

Se establecen en un trece por ciento (13%) calculado sobre los precios de ejecución material, como suma de conceptos tales como:

- Gastos de Dirección y Administración de la Contrata.
- Gastos de prueba y control de calidad.
- Gastos de Honorarios de la Dirección Técnica y Facultativa.
- Gastos Fiscales.

#### Gastos imprevistos.

Tendrán esta consideración aquellos gastos que siendo ajenos a los aumentos o variaciones en la Obra y que, sin ser partidas especiales y específicas omitidas en el presupuesto general, se dan inevitablemente en todo trabajo de construcción o montaje, y cuya cuantificación y determinación es imposible efectuar a priori. Por ello, se establecerá una partida fija de un dos por ciento (2%) calculado sobre los precios de ejecución material.

#### Beneficio industrial.

Se establece en una cuantía del seis por ciento (6%) calculado sobre los precios de ejecución material.

#### Honorarios de la dirección técnica y facultativa.

Dichos Honorarios, serán por cuenta del Contratista, y se entenderán incluidos en el importe de los Gastos Generales, salvo que se especifique lo contrario en el Contrato de Adjudicación, o sean deducidos en la contratación.

#### Gastos por cuenta del contratista.

Serán por cuenta del Contratista, entre otros, los gastos que a continuación se detallan:

- Medios auxiliares: serán por cuenta del Contratista los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no afectando por tanto a la Propiedad, cualquier responsabilidad que por avería o accidente personal pueda ocurrir en las Obras por insuficiencia o mal uso de dichos medios auxiliares.
- Abastecimiento de agua: será por cuenta del Contratista, disponer de las medidas adecuadas para que se cuente en Obra con el agua necesaria para el buen desarrollo de las Obras.
- Energía eléctrica: en caso de que fuese necesario el Contratista dispondrá los medios adecuados para producir la energía eléctrica en Obra.
- Vallado: serán por cuenta del Contratista la ejecución de todos los trabajos que requiera el vallado temporal para las Obras, así como las tasas y permisos, debiendo proceder a su posterior demolición, dejándolo todo en su estado primitivo.
- Accesos: serán por cuenta del Contratista de cuantos trabajos requieran los accesos para el abastecimiento de las Obras, así como tasas y permisos, debiendo reparar, al finalizar la Obra, aquellos que por su causa quedaron deteriorados.
- Materiales no utilizados: el contratista, a su costa, transportará y colocará agrupándolos ordenadamente y en el sitio de la Obra en que por no causar perjuicios a la marcha de los trabajos se le designe, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, que no sean utilizables en la Obra.
- Materiales y aparatos defectuosos: cuando los materiales y aparatos no fueran de calidad requerida o no estuviesen perfectamente reparados, la Dirección Facultativa dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los Pliegos.

A falta de estas condiciones, primarán las ordenes de la Dirección Facultativa.

#### Precios contradictorios.

Los precios de unidades de Obra, así como los de materiales o de mano de Obra de trabajos que no figuren en los Contratos, se fijarán contradictoriamente entre el Ingeniero Director y el Contratista, o su representante expresamente autorizado a estos efectos, siempre que, a juicio de ellos, dichas unidades no puedan incluirse en el dos por ciento (2%) de Gastos Imprevistos.

El Contratista los presentará descompuestos, de acuerdo con lo establecido en el artículo correspondiente a la descomposición de los precios unitarios correspondiente al presente Pliego, siendo condición necesaria la aprobación y presentación de estos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades de Obra correspondientes.

De los precios así acordados, se levantará actas que firmarán por triplicado el Ingeniero Director, el Propietario y el Contratista o representantes autorizados a estos efectos por los últimos.

#### Mejoras de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Ingeniero Director, emplease materiales de mejor calidad que los señalados en el Proyecto, o sustituyese una clase de fábrica o montaje por otra que tuviese mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la Obra, o en general introdujese en ésta, y sin pedirla, cualquier otra modificación que fuese beneficiosa, a juicio del Ingeniero Director no tendrá derecho sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle, en el caso de que hubiese construido la Obra, con estricta sujeción a la proyectada, y contratada o adjudicada.

#### Abono de las obras.

El abono de los trabajos ejecutados, se efectuará previa medición periódica (según intervalo de tiempo que se acuerde) y aplicando al total de las diversas unidades de Obra ejecutadas, al precio invariable estipulado de antemano, para cada una de ellas, siempre y cuando se hayan realizado con sujeción a los documentos que constituyen el proyecto o bien siguiendo órdenes que por escrito haya entregado el Ingeniero Director.

#### Abonos de trabajos presupuestados por partida alzada.

El Abono de los trabajos presupuestados por partida alzada se efectuará de acuerdo con un procedimiento de entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de Obra iguales, las presupuestadas mediante partida alzada se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- Si existen precios contratados para unidades de Obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidas de los similares Contratos.
- Si no existen precios contratados, para unidades de Obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo en caso de que en el presupuesto de la Obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso el Ingeniero Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que debe seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el tanto por ciento correspondiente al Beneficio Industrial del Contratista.

#### Certificaciones

El Contratista tomará las disposiciones necesarias, para que periódicamente (según el intervalo de tiempo acordado) lleguen a conocimiento del Ingeniero Director las unidades de Obra realizadas, quien delegará en el Perito o Ingeniero Técnico de las Obras, la facultad de revisar las mediciones sobre el propio terreno, al cual le facilita aquel, cuantos medios sean indispensables para llevar a buen término su cometido.

Una vez efectuada esta revisión aplicará el Contratista los precios unitarios, aprobados, y extenderá la correspondiente certificación. Presentada ésta al Ingeniero Director, previo examen, y comprobación sobre el terreno, si lo considera oportuno, en un plazo de diez (10) días pondrá su Vº Bº, y firma, en el caso de que fuera aceptada, y con este requisito, podrá pasarse la certificación a la Propiedad para su abono, previa deducción de la correspondiente fianza y tasa por Honorarios de Dirección Facultativa, si procediera.

El material acopiado a pie de Obra, por indicación expresa y por escrito del Ingeniero Director o del Propietario, a través de escrito dirigido al Ingeniero Director, podrá ser certificado hasta el noventa por ciento (90%) de su importe, a los precios que figuren en los documentos del Proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de Contrata.

Esta certificación, a todos los efectos, tendrá el carácter de documento de entregas a buena cuenta, y por ello estará sujeto a las rectificaciones, y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación, ni recepción de las Obras que comprenden.

En caso de que el Ingeniero Director, no estimase aceptable la liquidación presentada por el Contratista, y revisada por el Perito o Ingeniero Técnico, comunicará en un plazo máximo de diez (10) días, las rectificaciones que considere deba realizar al Contratista, en aquella, quien, en igual plazo máximo, deberá presentarla debidamente rectificada, o con las justificaciones que crea oportunas. En el caso de disconformidad, el Contratista se sujetará al criterio del Ingeniero Director, y se procederá como en el caso anterior.

#### Demora en los pagos.

Si el propietario no efectuase el pago de las Obras ejecutadas, dentro del mes siguiente a que corresponda el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un cuatro y medio por ciento (4.5%) de interés anual, en concepto de intereses de demora durante el espacio del tiempo de retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del retraso del término de dicho plazo de un mes, sin realizarse el pago, tendrá derecho el Contratista a la rescisión del Contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las Obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la Obra contratada o adjudicada.

#### Penalización económica al contratista por el incumplimiento de compromisos

Si el Contratista incumpliera con los plazos de ejecución de las Obras estipuladas en el Contrato de adjudicación, y no justificara debidamente a juicio de la Dirección Técnica la dilación, la Propiedad podrá imponer las penalizaciones económicas acordadas en el citado Contrato con cargo a la fianza sin perjuicio de las acciones legales que en tal sentido correspondan.

En el caso de no haberse estipulado en el Contrato el plazo de ejecución de las Obras, se entenderá como tal el que figura como suficiente en la memoria del presente Proyecto.

Si tampoco se hubiera especificado la cuantía de las penalizaciones, será de aplicación lo que esté estipulado a tal efecto en cualquiera de los siguientes casos:

- Una cantidad fija durante el tiempo de retraso (por día, semana, mes, etc....).
- El importe de los alquileres que el Propietario deje de percibir durante el plazo de retraso en la entrega de las obras, en las condiciones exigidas, siempre que se demostrase que los locales diversos están alquilados.
- El importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupación del inmueble, previamente fijados.

- El abono de un tanto por ciento anual sobre el importe del capital desembolsado a la terminación del plazo fijado y durante el tiempo que dure el retraso. La cuantía y el procedimiento que seguir para fijar el importe de la indemnización, entre los anteriores especificados, se convendrá expresamente entre ambas partes contratantes, antes de la firma del Contrato.

#### Rescisión del contrato.

Además de lo estipulado en el Contrato de adjudicación del presente Pliego de Condiciones la Propiedad podrá rescindir dicho Contrato en los siguientes casos:

- Cuando existan motivos suficientes, a juicio de la Dirección Técnica, para considerar que, por incompetencia, incapacidad, desobediencia o mala fe de la Contrata, sea necesaria tal medida al objeto de lograr con garantías la terminación de las Obras.
- Cuando el Contratista haga caso omiso de las obligaciones contraídas en lo referente a plazos de terminación de Obras.

Todo ello sin perjuicio de las penalizaciones económicas figuradas en el artículo 3.23.

#### Seguro de las obras.

El Contratista estará obligado a asegurar la Obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta su recepción definitiva. La cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tenga por Contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora en caso de siniestro se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la Obra que se construya y a medida que esta se haya realizado.

El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la Obra. Hecha en documento público, el Propietario no podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de la reconstrucción de la Obra siniestrada. La infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir el Contrato, con devolución de fianza, abonos completos de gastos, materiales acopiados, etc... y una indemnización equivalente a los daños causados al Contratista por el siniestro que no se le hubieran abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados, a tales efectos, por el Director de la Obra.

---

### Conservación de las obras.

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la Obra durante el plazo de garantía, en caso de que no se esté llevando a cabo el uso de las Obras ejecutadas por parte del Propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero Director procederá a disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese necesario para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar las Obras el Contratista, bien sea por buena terminación de estas, como en el caso de rescisión de Contrato, está obligado a dejar libre de ocupación y limpias en el plazo que el Ingeniero Director estime oportuno. Después de la recepción provisional de las Obras y en el caso de que la conservación de las Obras corra por cuenta del Contratista, no deberá haber en las mismas más herramientas útiles, materiales, mobiliario, etc.... que los indispensables para su guardería, limpieza o para los trabajos que fuesen necesarios llevar a cabo para mantener las anteriores actividades.

En cualquier caso, el Contratista estará obligado a revisar y reparar la Obra durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente Pliego de Condiciones.

## 10. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE LEGAL

### Documentos del proyecto.

El presente Proyecto consta de los siguientes documentos:

- Memoria descriptiva y de cálculo.
- Planos.
- Presupuesto.
- Estudio básico de seguridad y salud.
- Pliego General de Condiciones.

### Plan de obra.

El Plan detallado de Obra será realizado conforme se indicó en las Condiciones Facultativas del presente Pliego de Condiciones, y en él se recogerán los tiempos y finalizaciones establecidas en el Contrato y será completado con todo detalle, indicando las fechas de iniciación previstas para cada una de las partes en que se divide el trabajo, adaptándose con la mayor exactitud al Pert detallado, diagrama de Gant o cualquier sistema de control establecido. Este documento será vinculante.

### Planos.

Son los citados en la lista de Planos del presente Proyecto, y los que se suministrarán durante el transcurso de la Obra por la Dirección Técnica y Facultativa, que tendrán la misma consideración.

### Especificaciones.

Son las que figuran en la Memoria Descriptiva, así como las condiciones generales del contrato, juntamente con las modificaciones de este y los apéndices adosados a ellas, como conjunto de documentos legales.

### Objeto de los planos y especificaciones.

Es el objeto de los Planos y especificaciones mostrar al Contratista el tipo, calidad y cuantía del trabajo a realizar y que fundamentalmente consistirá en el suministro de toda la mano de Obra, material fungible, equipo y medios de montaje necesarios para la apropiada ejecución del trabajo, mientras específicamente no se indique lo contrario.

El Contratista realizará todo el trabajo indicado en los Planos y descrito en las especificaciones y todos los trabajos considerados como necesarios para completar la realización de las Obras de manera aceptable y consistente, y a los precios ofertados.

#### Divergencias entre los planos y especificaciones.

Si existieran divergencias entre los Planos y especificaciones regirán los requerimientos de éstas últimas y en todo caso, la aclaración que al respecto del Ingeniero Director.

#### Errores en los planos y especificaciones.

Cualquier error u omisión de importancia en los Planos y especificaciones será comunicado inmediatamente al Ingeniero Director que corregirá o aclarará con la mayor brevedad y por escrito, si fuese necesario, dichos errores u omisiones.

Cualquier trabajo hecho por el Contratista, tras el descubrimiento de tales discrepancias, errores u omisiones se hará por cuenta y riesgo de éste.

#### Adecuación de planos y especificaciones.

La responsabilidad por la adecuación del diseño y por la insuficiencia de los Planos y especificaciones se establecerá a cargo del Propietario. Entre los Planos y especificaciones se establecerán todos los requisitos necesarios para la realización de los trabajos objeto del Contrato.

#### Instrucciones adicionales.

Durante el proceso de realización de las Obras, el Ingeniero Director podrá dar instrucciones adicionales por medio de dibujos o notas que aclaren con detalle cualquier dato confuso de los Planos y especificaciones. Podrá dar, de igual modo, instrucciones adicionales necesarias para explicar o ilustrar los cambios en el trabajo que tuvieran que realizarse.

Asimismo, el Ingeniero Director, o la Propiedad a través del Ingeniero Director, podrá remitir al contratista notificaciones escritas ordenando modificaciones, plazos de ejecución, cambios en el trabajo, etc. El Contratista deberá ceñirse estrictamente a lo indicado en dichas órdenes. En ningún caso el Contratista podrá negarse a firmar el enterado de una orden o notificación. Si creyera oportuno efectuar alguna reclamación contra ella, deberá formularla por escrito al Ingeniero Director, o a la Propiedad a través de escrito al Ingeniero Director; dentro del plazo de diez (10) días de haber recibido la orden o notificación. Dicha reclamación no lo exime de la obligación de cumplir lo indicado en la orden, aunque al ser estudiada por el Ingeniero Director pudiera dar lugar a alguna compensación económica o a una prolongación del tiempo de finalización.

#### Copias de los planos para realización de los trabajos.

A la iniciación de las Obras y durante el transcurso de estas, se entregará al Contratista, sin cargo alguno, dos copias de cada uno de los Planos necesarios para la ejecución de las Obras.

La entrega de Planos se efectuará mediante envíos parciales con la suficiente antelación sobre sus fechas de utilización.

#### Propiedad de los planos y especificaciones.

Todos los Planos y especificaciones y otros datos preparados por el Ingeniero Director y entregados al Contratista pertenecerán a la Propiedad y al Ingeniero Director, y no podrán utilizarse en otras Obras.

#### Contrato.

En el Contrato suscrito entre la Propiedad y el Contratista deberá explicarse el sistema de ejecución de las Obras, que podrá contratarse por cualquiera de los siguientes sistemas:

- Por tanto, alzado: comprenderá la ejecución de toda parte de la Obra, con sujeción estricta a todos los documentos del Proyecto y en cifra fija.
- Por unidades de obra ejecutadas: asimismo con arreglo a los documentos del Proyecto y a las condiciones particulares, que en cada caso se estipulen.
- Por administración directa o indirecta: con arreglo a los documentos del Proyecto y a las condiciones particulares que en cada caso se estipulen.
- Por contrato de mano de obra: siendo de cuenta de la Propiedad el suministro de materiales y medios auxiliares en condiciones idénticas a las anteriores.

En dicho contrato deberá explicarse si se admiten o no la subcontratación y los trabajos que puedan ser de adjudicación directa por parte del Ingeniero Director a casas especializadas.

#### Contratos separados.

El propietario puede realizar otros Contratos en relación con el trabajo del Contratista. El Contratista cooperará con estos otros respecto al almacenamiento de materiales y realización de su trabajo. Será responsabilidad del Contratista inspeccionar los trabajos de otros contratistas que puedan afectar al suyo y comunicar al Ingeniero Director cualquier irregularidad que no lo permitiera finalizar su trabajo de forma satisfactoria. La omisión de notificar al Ingeniero Director estas anomalías indicará que el trabajo de otros Contratistas se ha realizado satisfactoriamente.

### Subcontratos.

Cuando sea solicitado por el Ingeniero Director, el Contratista someterá por escrito para su aprobación los nombres de los subcontratistas propuestos para los trabajos. El Contratista será responsable ante la Propiedad de los actos y omisiones de los subcontratistas y de los actos de sus empleados, en la misma medida que de los suyos. Los documentos del Contrato no están redactados para crear cualquier reclamación contractual entre Subcontratista y Propietario.

### Adjudicación.

La adjudicación de las Obras se efectuará mediante una de las tres siguientes modalidades:

- Subasta pública o privada.
- Concurso público o privado.
- Adjudicación directa o de libre adjudicación.

En el primer caso, será obligatoria la adjudicación al mejor postor, siempre que esté conforme con lo especificado con los documentos del Proyecto.

En el segundo caso, la adjudicación será por libre elección.

### Subastas y Concursos.

Las subastas y concursos se celebrarán en el lugar que previamente señalen las Condiciones Particulares de Índole Legal de la presente Obra, debiendo figurar imprescindiblemente la Dirección Facultativa o persona delegada, que presidirá la apertura de plicas, encontrándose también presentes en el acto un representante de la Propiedad y un delegado de los concursantes.

### Formalización del contrato.

El Contrato se formalizará mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes.

El Contratista antes de firmar la escritura, habrá firmado también su conformidad con el Pliego General de Condiciones que ha de regir la Obra, en los planos, cuadros de precios y presupuesto general.

Será de cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que consigue la Contrata.

#### Responsabilidad del contratista.

El Contratista es el responsable de la ejecución de las Obras en las condiciones establecidas en el Contrato y en los documentos que componen el Proyecto. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y la reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que el Ingeniero Director haya examinado y reconocido la realización de las Obras durante la ejecución de estas, ni el que hayan sido abonadas liquidaciones parciales.

El Contratista se compromete a facilitar y hacer utilizar a sus empleados todos los medios de protección personal o colectiva, que la naturaleza de los trabajos exija.

De igual manera, aceptará la inspección del Ingeniero Director en cuanto a Seguridad se refiere y se obliga a corregir, con carácter inmediato, los defectos que se encuentren al efecto, pudiendo el Ingeniero Director en caso necesario paralizar los trabajos hasta tanto se hallan subsanado los defectos, corriendo por cuenta del Contratista las pérdidas que se originen.

#### Reconocimiento de obra con vicios ocultos.

Si el Director de Obra tiene fundadas razones para sospechar la existencia de vicios ocultos en las Obras ejecutadas, ordenará en cualquier tiempo antes de la recepción definitiva, la demolición de las que sean necesarias para reconocer las que supongan defectuosas.

Los gastos de demolición y reconstrucción que se ocasionen serán por cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente, y en caso contrario, correrán a cargo del Propietario.

#### Trabajos durante una emergencia.

En caso de una emergencia el Contratista realizará cualquier trabajo o instalará los materiales y equipos necesarios.

Tan pronto como sea posible, comunicará al Ingeniero Director cualquier tipo de emergencia, pero no esperará instrucciones para proceder a proteger adecuadamente vidas y propiedades.

#### Suspensión del trabajo por el propietario.

El trabajo o cualquier parte de este podrá ser suspendido por el Propietario en cualquier momento previa notificación por escrito con cinco (5) días de antelación a la fecha prevista de reanudación del trabajo.

El Contratista reanudará el trabajo según notificación por escrito del Propietario, a través del Ingeniero Director, y dentro de los diez (10) días siguientes a la fecha de la notificación escrita de reanudación de los trabajos.

Si el Propietario notificase la suspensión definitiva de una parte del trabajo, el Contratista podrá abandonar la porción del trabajo así suspendida y tendrá derecho a la indemnización correspondiente.

#### [Derecho del propietario a rescisión del contrato.](#)

El Propietario podrá rescindir el Contrato de ejecución en los casos escogidos en el capítulo correspondiente a las Condiciones de Índole Económica. y en cualquiera de los siguientes:

- Se declare en bancarrota o insolvencia.
- Desestime o viole cláusulas importantes de los documentos del Contrato o instrucciones del Ingeniero Director, o deje proseguir el trabajo de acuerdo con lo convenido en el Plan de Obra.
- Deje de proveer un representante cualificado, trabajadores o subcontratistas competentes, o materiales apropiados, o deje de efectuar el pago de sus obligaciones con ello.

#### [Forma de rescisión del contrato por parte de la propiedad.](#)

Después de diez (10) días de haber enviado notificación escrita al Contratista de su intención de rescindir el Contrato, el Propietario tomará posesión del trabajo, de todos los materiales, herramientas y equipos, aunque sea propiedad de la Contrata y podrá finalizar el trabajo por cualquier medio y método que elija.

#### [Derechos del contratista para cancelar el contrato.](#)

El Contratista podrá suspender el trabajo o cancelar el Contrato después de diez (10) días de la notificación al Propietario y al Ingeniero Director de su intención, en el caso de que por orden de cualquier tribunal u otra autoridad se produzca una parada o suspensión del trabajo por un período de noventa (90) días seguidos y por causas no imputables al Contratista o a sus empleados.

### Causas de rescisión del contrato.

Se considerarán causas suficientes de rescisión de Contrato, las que a continuación se detallan:

- La muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del Contratista.

En estos dos casos, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las Obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que este último caso tenga derecho aquellos a indemnización alguna.

- Alteraciones del Contrato por las siguientes causas:
- La modificación del Proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio del Ingeniero Director, y, en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones represente en más o menos el veinticinco por ciento (25%), como mínimo, del importe de aquel.
- La modificación de unidades de Obra. Siempre que estas modificaciones representen variaciones, en más o menos, del cuarenta por ciento (40%) como mínimo de alguna de las unidades que figuren en las mediciones del Proyecto, o más del cincuenta por ciento (50%) de unidades del Proyecto modificadas.
- La suspensión de Obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas a la Contrata no se dé comienzo a la Obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación; en este caso, la devolución de fianza será automática.
- La suspensión de Obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido d un año.
- El no dar comienzo la Contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del Proyecto.
- El incumplimiento de las condiciones del Contrato, cuando implique descuido a mala fe, con perjuicio de los intereses de las Obras.
- La terminación del plazo de la Obra sin causa justificada.
- El abandono de la Obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

### Devolución de la fianza.

La retención del porcentaje que deberá descontarse del importe de cada certificación parcial no será devuelta hasta pasado los doce meses del plazo de garantía fijados y en las condiciones detalladas en artículos anteriores.

#### Plazo de entrega de las obras.

El plazo de ejecución de las Obras será el estipulado en el Contrato firmado a tal efecto entre el Propietario y el Contratista. En caso contrario será el especificado en el documento de la memoria descriptiva del presente Proyecto.

#### Daños a terceros.

El Contratista será responsable de todos los accidentes por inexperiencia o descuidos que sobrevinieran, tanto en las edificaciones, como en las parcelas contiguas en donde se ejecuten las Obras.

Será, por tanto, por cuenta suya el abono de las indemnizaciones a quien corresponda cuando ello hubiera lugar de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de dichas Obras.

#### Policía de obra.

Serán de cargo y por cuenta del Contratista, el vallado y la policía o guardián de las Obras, cuidado de la conservación de sus líneas de lindero, así como la vigilancia que durante las Obras no se realicen actos que mermen o modifiquen la Propiedad.

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del Ingeniero Director.

El Contratista es responsable de toda falta relativa a la policía urbana y a las Ordenanzas Municipales a estos respectos vigentes en donde se realice la Obra.

#### Accidentes de trabajo.

En caso de accidentes de trabajo ocurrido a los operarios, con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las Obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto en estos efectos en la legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad, por responsabilidades en cualquier aspecto.

Igualmente, el Contratista se compromete a facilitar cuantos datos se estimen necesarios a petición del Ingeniero Director sobre los accidentes ocurridos, así como las medidas que ha tomado para la instrucción del personal y demás medios preventivos.

De los accidentes y perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudiera acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable o sus representantes en la Obra, ya que se considera en los precios para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales.

Será preceptivo que figure en el “Tablón de Anuncios” de la Obra, durante todo el tiempo que ésta dure, el presente artículo del Pliego General de Condiciones, sometiéndolo previamente a la firma del Ingeniero Director.

#### Régimen jurídico.

El adjudicatario, queda sujeto a la legislación común, civil, mercantil y procesal española. Sin perjuicio de ello, en las materias relativas a la ejecución de Obra, se tomarán en consideración (en cuanto su aplicación sea posible y en todo aquello en que no queden reguladas por la expresa legislación civil, ni mercantil, ni por el Contrato) las normas que rigen para la ejecución de las Obras del Estado.

Fuera de la competencia y decisiones que, en lo técnico, se atribuyan a la Dirección Facultativa, en lo demás procurará que las dudas a diferencia suscitadas, por la aplicación, interpretación o resolución del Contrato se resuelvan mediante negociación de las partes respectivamente asistidas de personas cualificadas al efecto. De no haber concordancia, se someterán al arbitraje privado para que se decida por sujeción al saber y entender de los árbitros, que serán tres, uno para cada parte y un tercero nombrado de común acuerdo entre ellos.

#### Seguridad Social.

Además de lo establecido en el capítulo de Condiciones de Índole económica, el Contratista está obligado a cumplir con todo lo legislado sobre la Seguridad Social, teniendo siempre a disposición del Propietario o del Ingeniero Director todos los documentos de tal cumplimiento, haciendo extensiva esta obligación a cualquier Subcontratista que de él dependiese.

#### Responsabilidad civil.

El Contratista deberá tener cubierta la responsabilidad civil en que pueda incurrir cada uno de sus empleados y Subcontratistas dependientes del mismo, extremo que deberá acreditar ante el Propietario, dejando siempre exento al mismo y al Ingeniero Director de cualquier reclamación que se pudiera originar.

En caso de accidentes ocurridos con motivo de los trabajos para la ejecución de las Obras, el Contratista atenderá a lo dispuesto en estos casos por la legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento.

#### Impuestos.

Será de cuenta del Contratista el abono de todos los gastos e impuestos ocasionados por la elevación a documento público del Contrato privado, firmado entre el Propietario y el Contratista; siendo por parte del Propietario abonará las licencias y autorizaciones administrativas para el comienzo de las obras.

#### Disposiciones legales y permisos.

El Contratista observará todas las ordenanzas, leyes, reglas, regulaciones estatales, provinciales y municipales, incluyendo sin limitación las relativas a salarios y Seguridad Social.

El Contratista se procurará todos los permisos, licencias e inspecciones necesarias para el inicio de las Obras, siendo abonadas por la Propiedad.

El Contratista una vez finalizadas las Obras y realizada la recepción provisional tramitará las correspondientes autorizaciones de puesta en marcha, siendo de su cuenta los gastos que ello ocasione.

El Contratista responde, como patrono legal, del cumplimiento de todas las leyes y disposiciones vigentes en materia laboral, cumpliendo además con lo que el Ingeniero Director le ordene para la seguridad de los operarios y viandantes e instalaciones, sin que la falta de tales órdenes por escrito lo eximan de las responsabilidades que, como patrono legal, corresponden exclusivamente al Contratista.

#### Hallazgos.

El Propietario se reserva la posesión de las sustancias minerales utilizables, o cualquier elemento de interés, que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en su terreno de edificación.

## BIBLIOGRAFÍA

## 1. BIBLIOGRAFÍA

En el siguiente listado aparecen las referencias bibliográficas webs consultadas para llevar a cabo la implantación de la planta fotovoltaica:

- Guía Docente de la Escuela de Minas y Energías sobre proyectos.  
<http://web.unican.es/centros/minas/Paginas/Trabajo-Fin-de-Grado.aspx>
- Mapa de energías renovables en Andalucía.  
[http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnnextoid=21e14d639b7fe310VgnVCM200000624e50aRCRD&vgnnextchannel=afac90a63670f210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang\\_es#apartado629247501590f310VgnVCM1000001325e50a](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnnextoid=21e14d639b7fe310VgnVCM200000624e50aRCRD&vgnnextchannel=afac90a63670f210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang_es#apartado629247501590f310VgnVCM1000001325e50a)
- Posible implantación de una planta fotovoltaica en Palos de la Frontera.  
<http://www.diariodehuelva.es/2017/12/04/superavit-los-regantes-palos-permitira-la-autoproduccion-energia-electrica/>
- Mapa de plantas fotovoltaicas en la provincia de Huelva.  
<http://empresite.eleconomista.es/Actividad/PLANTA-FOTOVOLTAICA/provincia/HUELVA/>
- Geología en Palos de la Frontera.  
[https://huelvapedia.wikanda.es/wiki/Entorno\\_natural\\_de\\_Palos\\_de\\_la\\_Frontera](https://huelvapedia.wikanda.es/wiki/Entorno_natural_de_Palos_de_la_Frontera)
- Energía fotovoltaica.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar\\_fotovoltaica](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica)
- Energía fotovoltaica de conexión a Red.  
<http://solarbox.es/energia-solar/fotovoltaica-conexion-a-red>
- Energías renovables en Andalucía.  
<http://www.europapress.es/esandalucia/sevilla/noticia-eolica-solar-biomasa-aportan-91-energia-electrica-renovable-andalucia-20150422110953.html>
- Datos sobre Endesa (empresa Eléctrica de la zona).  
<https://tarifasgasluz.com/empresa-de-luz-y-gas/palos-de-la-frontera>

- Tipos de paneles fotovoltaicos.  
<http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>
- Tipos de inversores fotovoltaicos.  
<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-solares-ondulador-o-inversor-fotovoltaico/>
- Características del panel fotovoltaico SW290.  
<file:///E:/PROYECTO%20PLANTA%20FOTOVOLTAICA/Proyectos/planta%205.8%20mw.pdf>
- Características del panel fotovoltaico RED 165-36M.  
<https://autosolar.es/pdf/Red-solar-165W-ficha.pdf>  
<https://autosolar.es/panel-solar-12-voltios/panel-solar-165w-12v-monocristalino-red-solar>
- Características del panel fotovoltaico A-325M.  
<https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-325w-24v-monocristalino-atersa>  
<https://autosolar.es/pdf/Atersa-320M-330M-Ultra.pdf>
- Características del panel fotovoltaico Merka-200.  
[https://www.merkasol.com/epages/62387086.sf/es\\_ES/?ObjectPath=/Shops/62387086/Products/panel017](https://www.merkasol.com/epages/62387086.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/62387086/Products/panel017)
- Características de la estructura soporte.  
<https://www.merkasol.com/Estructura-Aluminio-Suelo-2-Panel>
- Características del inversor PSV800-57-0630 kW-B.  
<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000073924&LanguageCode=es&DocumentPartId=1&Action=Launch>  
<http://new.abb.com/power-converters-inverters/es/solar/inversores-centrales/pvs800-57>
- Características del inversor Schneider XC 630.  
[http://mail.coevagi.com/Docs/Sch\\_InvXarxa.pdf](http://mail.coevagi.com/Docs/Sch_InvXarxa.pdf)
- Características del inversor PRO-33.0-TL-OUTD.  
<https://new.abb.com/power-converters-inverters/es/solar/inversores-string/trifasicos/pro-33-0kw>

- Características del transformador Schneider minera PV 1260.  
[http://mail.coevagi.com/Docs/Sch\\_InvXarxa.pdf](http://mail.coevagi.com/Docs/Sch_InvXarxa.pdf)
- Características del cable RV-K 1x70 negro.  
[https://www.merkasol.com/epages/62387086.sf/es\\_ES/?ObjectPath=/Shops/62387086/Products/acpanel012](https://www.merkasol.com/epages/62387086.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/62387086/Products/acpanel012)
- Características del cable Prysmian Voltanele Flamex.  
<https://es.prysmiangroup.com/MediaTension-AL-VOLTALENE-FLAMEX-CPRO-XZ1-1kV>
- Datos climatológicos.  
[https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas\\_radiacion\\_solar/atlas\\_de\\_radiacion\\_24042012.pdf](https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf)  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>  
<https://es.climate-data.org/location/414155/>
- Datos radiación solar.  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- Apuntes sobre energía solar y sus cálculos. Apuntes de la Universidad de Cantabria del departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, en el “Tema 6.3, Energías renovables (III), Energía Solar”.