

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE  
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA



PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA 4MW

TRABAJO FIN DE GRADO

SEPTIEMBRE-2022

CASERMEIRO JIMENEZ FRANCISCO JAVIER - 25612950N  
Firmado digitalmente por CASERMEIRO JAVIER - 25612950N  
Fecha: 2022.09.02 18:19:03 +02'00'

JUAN MANUEL SANCHEZ EUGENIO  
Firmado digitalmente por JUAN MANUEL SANCHEZ EUGENIO  
Fecha: 2022.09.02 10:42:11 +02'00'

Autor: Francisco Javier Casermeiro Jiménez

Tutor: Juan Manuel Sánchez Eugenio

# Índice Documentos

DOCUMENTO I: MEMORIA .....	3
DOCUMENTO II: PLANOS.....	87
DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES .....	108
DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO .....	117
ANEXO I: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS.....	129
ANEXO II: CÁLCULOS ELÉCTRICOS .....	135
ANEXO III: FICHAS TÉCNICAS.....	140
ANEXO IV: BIBLIOGRAFÍA.....	171





---

PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA 4MW  
TRABAJO FIN DE GRADO

---

DOCUMENTO I: MEMORIA

# Índice Documento I: MEMORIA

1-Memoria descriptiva.....	8
1.1- Antecedentes .....	8
1.2- Objeto .....	8
1.3- Justificación de la solución adoptada.....	9
1.4- Alcance .....	10
1.5- Normativa aplicable .....	10
1.6- Emplazamiento .....	12
1.7- Características principales del proyecto.....	13
1.8- Instalación fotovoltaica.....	14
1.8.1- Descripción de la fuente solar en el emplazamiento .....	15
1.8.2- Estimación de producción eléctrica.....	15
1.8.3- Estimación de pérdidas .....	16
1.9- Descripción de la planta fotovoltaica.....	18
1.9.1- Módulos fotovoltaicos .....	18
1.9.2- Estructura módulos fotovoltaicos .....	19
1.9.3- Cajas strings.....	20
1.9.4- Inversores.....	21
1.9.5- Transformadores .....	24
1.9.6- Celdas de protección en MT .....	25
1.10- Instalación eléctrica BT .....	26
1.10.1- Cableado baja tensión CC .....	26
1.10.2- Cableado baja tensión AC .....	27
1.10.3- Protecciones en BT .....	28
11- Instalación eléctrica MT .....	29
12- Puesta a tierra.....	29

13- Monitorización y SCADA .....	30
14- Obra civil.....	31
1.14.1- Desbroce y explanación del terreno .....	31
1.14.2- Vallado de la parcelar a ocupar.....	31
1.14.3- Excavación de zanjas.....	31
1.14.4- Edificación casetas.....	32
1.14.5- Viales de acceso y caminos .....	32
15- Presupuesto.....	32
2- Memoria cálculos justificativos.....	33
2.1- Orientación placas solares.....	33
2.2- Distancia entre filas de placas .....	35
2.3- Cálculo cantidad de módulos por string .....	36
2.4- Cálculo cantidad de string en paralelo .....	38
2.5- Fusibles y seccionadores en cajas DC .....	39
2.5.1- Fusibles .....	39
2.5.2- Seccionadores.....	40
2.6- Cálculos cableado DC.....	40
2.6.1- Metodología de cálculo .....	42
2.6.3- Tramo 1, módulo fotovoltaico – Cajas DC .....	42
2.6.4- Tramo 2, Cajas Dc-inversor .....	44
2.7- Cálculos cableado AC.....	45
2.7.1- Tramo 1: inversor-transformador .....	46
2.7.2- Tramo 2: Transformador-celdas MT .....	47
2.7.3- Tramo 3: Celdas MT a conexión red .....	49
Subtramo 1: inversores 1-2 a inversores 3-4 .....	49
Subtramo 2: inversores 3-4 a inversores 5-6 .....	51

Subtramo 3: inversores 5-6 a inversores a 7-8 .....	52
Subtramo 4: inversores 7-8 a celdas conexión red .....	53
2.8- Cálculo de la puesta a tierra .....	56
2.8.1- Investigación de las características del suelo .....	57
2.8.2- Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto .....	57
2.8.3- Diseño preliminar de la instalación de tierra .....	58
2.8.4- Cálculo de la resistencia del sistema de tierra .....	58
2.9- Estudio Pvsyst .....	63
3- Planificación proyecto .....	72
4- Estudio seguridad y salud .....	74
1- Antecedente, objeto y justificación .....	74
2- Condiciones ambientales .....	75
3- Características generales de la obra .....	75
4- Procedimientos, equipos y medios .....	75
5- Protecciones individuales .....	76
6- Protecciones colectivas .....	77
7- Formación .....	77
8- Riesgos laborales evitables completamente .....	77
9- Riesgos laborales no evitables completamente .....	77
10- Riesgos laborales especiales .....	78
11- Condiciones de seguridad en instalaciones eléctricas .....	84
12- Valoración económica .....	86

## Índice Tablas:

Tabla 1: Características principales de la fábrica .....	14
Tabla 2: Estimación datos meteorológicos anuales.....	15
Tabla 3: Estimación energía generada anual.....	16
Tabla 4: Características módulo fotovoltaico .....	19
Tabla 5: Características DCBox.....	21
Tabla 6: Características Inversor... ..	23
Tabla 7: Características Transformador... ..	24
Tabla 8: Tensiones nominales de la instalación.....	26
Tabla 9: Caídas de tensión máximas de la instalación.....	26
Tabla 10: Intensidades nominales de la instalación .....	26
Tabla 11: Valoración intensidad de los fusibles.....	40
Tabla 12: Resistividad del terreno.....	57
Tabla 13: Promedio de precios de venta de energía .....	69
Tabla 14: Estimación energía generada en 6 años .....	70
Tabla 15: Estimación valor de la energía generada en 6 años .....	71
Tabla 16: Resultados VAN y TIR.....	71
Tabla 17: Equipos de protección individual.....	76
Tabla 18: Equipos de protecciones colectivas.....	77
Tabla 19: Riesgos laborales... ..	77
Tabla 20: Riesgos laborales permanentes... ..	78
Tabla 21: Valoración económica... ..	86

# 1-Memoria descriptiva

## 1.1- Antecedentes

En los últimos años el campo de la energía eléctrica ha elevado en importancia debido al gran cambio de consumo tanto de aparatos electrónicos como el gran impacto que están teniendo los vehículos eléctricos para así reducir la contaminación en grandes ciudades. Debido a esta problemática las fuentes de energía renovables son fundamentales para reducir los niveles de CO<sub>2</sub> en la generación de la electricidad.

Hoy en día una de las fuentes renovables más económicas de instalar aprovechando también en la situación donde nos encontramos con grandes cantidades de horas de luz, es la energía fotovoltaica. Se puede afirmar que, dadas sus características, es la fuente más respetuosa con el medio ambiente. Ya que, con las características que disponemos, se trata de una fuente la cual no genera ruido ni vibraciones y su impacto visual se puede mitigar lo máximo posible ya que su instalación en módulos permite la integración en el lugar de la mejor forma que lo necesite.

Estos conceptos han llevado que para este tipo de instalaciones haya requerido la optimización de las plantas fotovoltaicas y, a su vez, evaluar su impacto en el conjunto del sistema eléctrico español.

## 1.2- Objeto

El objeto del presente proyecto es la descripción de las condiciones técnicas y de puesta en marcha para llevar a cabo la instalación de una planta fotovoltaica conectada directamente a red de 4MW. Con el objetivo de aportar energía renovable al sistema eléctrico.



### **1.3- Justificación de la solución adoptada**

Como ya se ha detallado anteriormente, en la actualidad hay gran cantidad de formas de crear energía eléctrica pero debido a la necesidad de reducir la contaminación a nivel mundial, las energías renovables están tomando gran protagonismo. Es por esto por lo que se ha optado por el diseño de este tipo de instalación.

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores.

La mayor parte de los paneles fotovoltaicos están hechos a base de silicio en su mayoría para su posible transformación. El proceso de fabricación de las placas es laborioso y a la vez complicado por el silicio que contienen.

Mediante dicho proceso se labora los conocidos lingotes de silicio que posteriormente se cortan en células fotovoltaicas, que son enriquecidas con Boro y Fósforo. En la búsqueda de perfeccionar y bajar los costos para el aprovechamiento de la energía fotovoltaica, actualmente se están investigando con otros materiales de mayor rendimiento y más económicos.

La energía solar está dando pasos agigantados y su crecimiento está transformando el mundo en los últimos años. Desde hace tiempo se está viviendo un cambio mundial en cuanto a la generación y uso de las energías renovables y van reemplazando a las tradicionales. Un cambio de rumbo que comenzó con el protocolo de Kyoto, en donde se llegó a un acuerdo internacional con el principal objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Y que continuó con el compromiso que alcanzó la unión europea en 2011 en materia de cambio climático. En el que se estableció como objetivo la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre un 80% y 95% entre 2050- 2100.

## 1.4- Alcance

El alcance del proyecto incluye:

- Antecedentes de la instalación.
- Características de la planta.
- Reglamento necesario para la instalación.
- Equipos:
  - Módulos fotovoltaicos.
  - Estructura soporte módulos fotovoltaicos.
  - Inversores
  - Centros de transformación y celdas de protección en media tensión.
- Obra civil:
  - Limpieza y desbroce del terreno a utilizar.
  - Vallado perimetral.
  - Viales de acceso y viales internos.
  - Zanjas.
  - Construcción casetas inversores-transformadores.
- Instalaciones eléctricas y control:
  - Cableado baja y media tensión.
  - Cableado comunicaciones.
  - Cableado instalación de tierra.

## 1.5- Normativa aplicable

Para la elaboración del presente proyecto se ha consultado toda aquella normativa aplicable. La normativa que rige este proyecto es la siguiente:

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico (BOE núm. 28, de 28/11/1997).
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos (BOE 10-06-2014).

- 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 núm. 310, de 27/12/2000).
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (BOE núm. 224, de 18/09/2002).
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (BOE núm. 224, de 18/09/2007).
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (BOE núm. 310, de 27/12/2013).
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos (BOE núm. 113, de 10/05/2016).
- Real Decreto 187/2016 del Ministerio de Industria, Energía y Turismo sobre exigencias de seguridad del material eléctrico.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas en alta tensión y sus Instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23. Aprobado por Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo.
- Normas particulares de la compañía distribuidora.

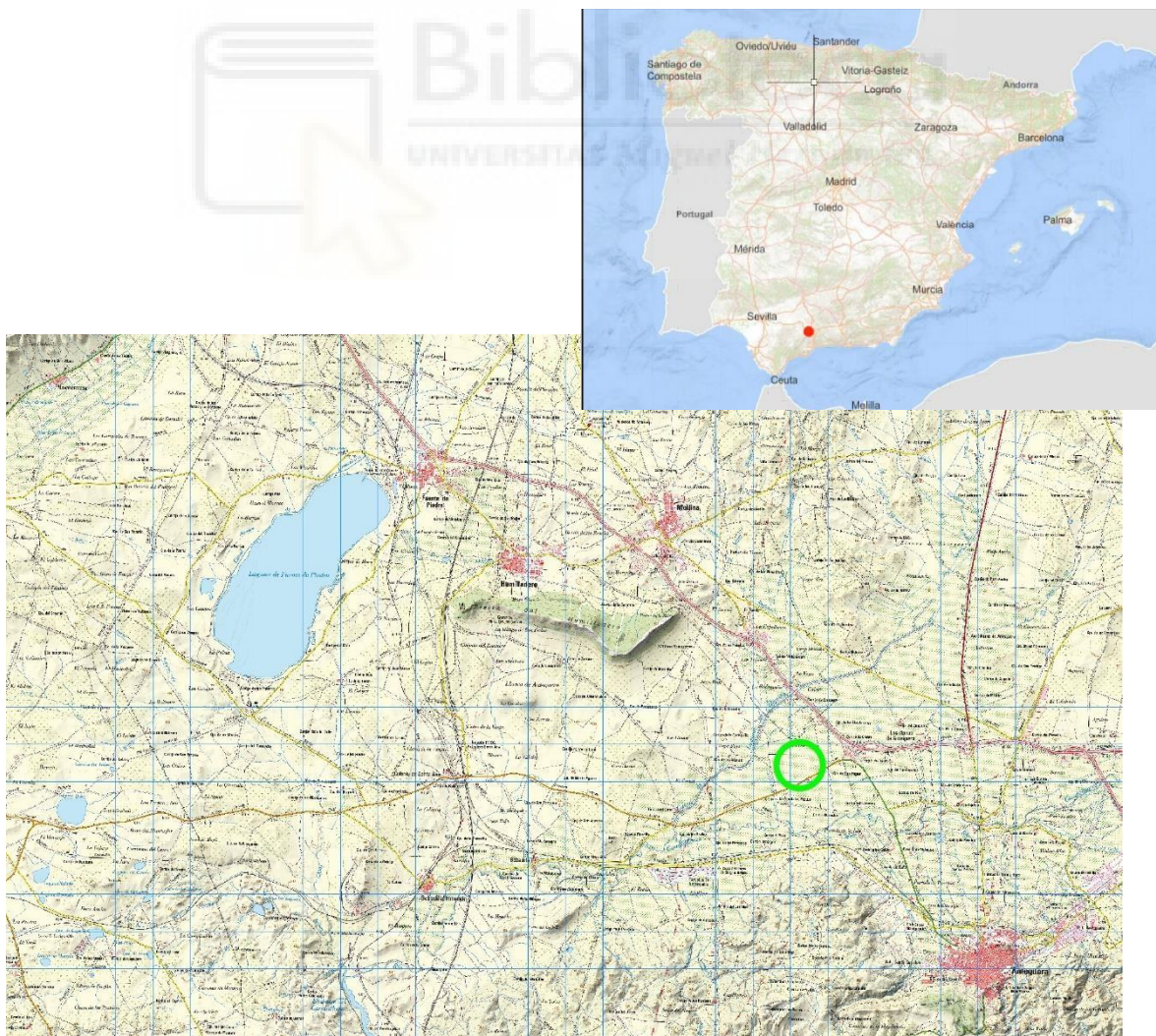
## 1.6- Emplazamiento

Para el emplazamiento de la instalación se ha tratado de buscar un emplazamiento con las siguientes características:

- Orientación lo más al sur posible.
- Facilidad de acceso y de instalación.
- Conexión a red.
- Sin obstáculos en las limitaciones de la instalación.

Por lo tanto, teniendo en cuenta estas restricciones se ha optado por la ubicación de la planta en la provincia de Málaga, en termino municipal de Antequera. Con accesibilidad a la planta a través de la carretera A-384. La planta se encontrará totalmente orientada al sur y con la facilidad de encontrarse entre las subestaciones de Antequera y Humilladero.

En la siguiente ilustración se detalla la ubicación de la planta:



## 1.7- Características principales del proyecto

En la siguiente tabla se detalla las características principales de la planta:

<i>Denominación</i>	Proyecto TFG
<i>Emplazamiento</i>	37°03'58.7"N 4°36'46.5"W
<i>Localidad</i>	Antequera
<i>Provincia</i>	Málaga
<i>Tipo de instalación</i>	Producción de energía fotovoltaica conectada a red

### Módulo fotovoltaico

<i>Potencia módulo fotovoltaico (Wp)</i>	570 Wp
<i>Número total de módulos fotovoltaicos</i>	7200
<i>Potencia pico total (MWp)</i>	4.104
<i>Nº de módulos por string</i>	15

### Estructura de los módulos

<i>Tipo de estructura</i>	Estructura fija metálica hincada en tierra
<i>Nº de estructuras</i>	240

### Inversores

<i>Potencia nominal (KVA)</i>	510
<i>Número de inversores</i>	8
<i>Potencia nominal total (MW)</i>	4.08
<i>Ratio DC/AC</i>	1.01

### Centros de transformación

<i>Potencia unitaria (KV<sub>a</sub>)</i>	1250
<i>Relación de transformación</i>	400 V / 20 KV
<i>Numero de transformadores</i>	4
<i>Potencia total de centros de transformación (KV<sub>q</sub>)</i>	5000

### Línea subterránea de MT 20KV

<i>Tipo de montaje</i>	Enterrado bajo tubo a 1m de profundidad
<i>Tipo de conductor</i>	XLPE Cu 18/30Kv
<i>Sección</i>	70 mm <sup>2</sup> y 95 mm <sup>2</sup> dependiendo del tramo de línea
<i>Circuitos</i>	3

Tabla 1: Características principales de la fábrica

## 1.8- Instalación fotovoltaica

La energía solar se obtiene a través de las células fotovoltaicas ubicadas en los módulos, realizando una transformación directa en energía eléctrica.

Los módulos fotovoltaicos utilizados en este proyecto están fabricados con silicio monocristalino. Su potencia nominal unitaria es de 570 Wp y su rendimiento del 20.85%. Las características del módulo se detallarán más adelante.

La energía solar produce electricidad en corriente continua y esta se transforma en alterna a través de los inversores, este dispositivo además de realizar este factor de transformación adecua la energía generada a las características del sistema.

La vida útil estimada de la instalación se sitúa en unos 30 años si bajar su rendimiento por debajo del 80%. Es por ello por lo que se garantiza un largo periodo de tiempo de generación. Además, todos los materiales empleados en módulos fotovoltaicos e inversores pueden ser reciclados.

### 1.8.1- Descripción de la fuente solar en el emplazamiento

Para la previsión de la fuente solar en el emplazamiento elegido para la instalación se ha utilizado el software PVSyst y la base de datos meteorológica Meteonorm 8.0.

La cual ofrece datos históricos de años anterior en dicha localización para dar una estimación de las situaciones meteorológicas en las que se encontrará la instalación.

Con lo que obtenemos la siguiente irradiación solar a lo largo del año:

	<i>Glob Hor</i>	<i>T amb</i>
	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>°C</b>
<i>January</i>	79,6	6,37
<i>February</i>	88,7	8,07
<i>March</i>	142,8	11,37
<i>April</i>	171,3	14,22
<i>May</i>	217,2	18,72
<i>June</i>	229,7	23,98
<i>July</i>	236,6	27,04
<i>August</i>	206,1	26,63
<i>September</i>	155,5	21,5
<i>October</i>	116,1	16,83
<i>November</i>	82,1	10,23
<i>December</i>	69,1	7,18
<b>Year</b>	<b>1794,8</b>	<b>16,06</b>

Tabla 2: Estimación datos meteorológicos anuales

### 1.8.2- Estimación de producción eléctrica

Con la anterior información proporcionada de la radiación prevista podemos obtener la energía generada y el índice de calidad de dicha generación en el primer año de la puesta en marcha:

	<i>Earray</i>	<i>E Grid</i>	<i>PR</i>
	<b>GWh</b>	<b>GWh</b>	<b>ratio</b>
<i>January</i>	0,441	0,436	0,829
<i>February</i>	0,413	0,408	0,824
<i>March</i>	0,581	0,575	0,8
<i>April</i>	0,602	0,595	0,789
<i>May</i>	0,671	0,664	0,764
<i>June</i>	0,66	0,653	0,742
<i>July</i>	0,659	0,652	0,709
<i>August</i>	0,64	0,633	0,722
<i>September</i>	0,574	0,568	0,759
<i>October</i>	0,505	0,499	0,789
<i>November</i>	0,422	0,417	0,815
<i>December</i>	0,397	0,392	0,831
<b>Year</b>	<b>6.566</b>	<b>6.492</b>	<b>0,772</b>

Tabla 3: Estimación energía generada anual

### 1.8.3- Estimación de pérdidas

Para esos niveles de eficiencia que hemos fijado anteriormente se han tenido en cuenta una serie de pérdidas a lo largo de la generación de energía:

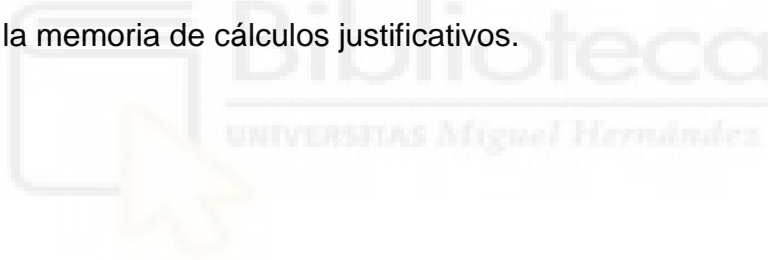
- Temperatura módulos fotovoltaicos: la eficiencia de los módulos fotovoltaicos depende fuertemente de los cambios de temperatura. Lo que provoca que cuando la temperatura del módulo sube la eficiencia es menor, por lo tanto, se ha tomado unas pérdidas de un 7.22% debido a este factor.
- Suciedad: el polvo y demás residuos que puedan acabar en los módulos generan pérdidas, ya que impide que los módulos recojan toda la radiación incidente. Por lo que es recomendable realizar una limpieza anual o semi-anual dependiendo de las precipitaciones de la zona. Esto supone unas pérdidas de una 3%.
- Eficiencia del inversor: esta eficiencia depende de la carga del sistema. En la conversión de DC/AC, el inversor sigue el punto de máxima potencia mediante aproximaciones por lo que se puede producir una ligera dispersión en la búsqueda de ese punto. Esto supone unas pérdidas de un 1.11%.
- Sombreado: además de que la instalación ha sido optimizada para que entre modulo no creen sobras entre ellos, se tiene en cuenta la generación de distintas tensiones que se puedan provocar en distintos strings debido



a ligeras nubes, provocando así corrientes de cadena inversas que limiten la generación del inversor. Esto supone unas pérdidas del 1.6%.

- Potencia nominal de los módulos fotovoltaicos: todos los módulos de un proceso de fabricación no obtienen exactamente la misma capacidad de producción por lo que el fabricante en la hoja técnica nos da la potencia mínima garantiza siendo de forma habitual que la potencia real sea superior. Esto supone un incremento de un 0.5% en las pérdidas.
- Transformador: en la elevación de la tensión de cara al punto de conexión se obtiene una serie de pérdidas en función de la capacidad a la que se encuentre trabajando el transformador. En este caso no se ha considerado para la estimación de la energía generada.
- Sistemas auxiliares: se consideran pérdidas por la alimentación de inversores, ventilación de las casetas y otros componentes. Se ha considerado unas pérdidas del 1.33%.

Todas estas pérdidas se pueden ver con más detalle en el informe PVSyst realizado en la memoria de cálculos justificativos.



## 1.9- Descripción de la planta fotovoltaica

A la planta fotovoltaica se accederá por la carretera A-384 del término municipal de Antequera. La planta consta de 7200 módulos fotovoltaicos sobre estructura fija 2Vx15 (30 módulos por estructura).

Los principales elementos de la instalación son:

- Generador fotovoltaico, módulos, elementos de sujeción y soportes a tierra.
- Conexiones: cableado de corriente continua y alterna, cajas de strings y equipos de protección.
- Centros de transformación: Inversores, centros de transformación y celdas de MT.
- Transmisión de datos: equipo de comunicaciones para monitorización de la planta.

En el generador fotovoltaico se compone de cadenas de 15 módulos conectados en serie, generan energía eléctrica en corriente continua proporcionando una tensión correspondiente a la unión de los 15 módulos.

Estas cadenas se unirán en las cajas DC, uniendo 15 cadenas en cada caja DCBox. En dichas cajas cada cadena ira provista de fusibles para su protección y conexión a tierra. Dicha caja proporcionara la sumatoria de la intensidad de cada cadena para la entrada al inversor.

La corriente es conducida hacia los inversores mediante conductores enterrados bajo tubo. En los inversores mediante electrónica de potencia se transforma a corriente alterna y se lleva al transformador para subir la tensión a 20Kv. A continuación, se conectará a la red interna de la planta de 20 Kv mediante las celdas correspondientes hasta el punto de conexión.

### 1.9.1- Módulos fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico elegido es el JKM570M-7RL4-V del fabricante Jinko solar con una potencia de 570 Wp. Cada módulo cuenta con 156 células monocristalinas.

Los módulos están cubiertos por vidrio pretensado térmicamente con tecnología antirreflejante y anti-suciedad por la parte delantera, y mediante una película de

material compuesto, protegiéndolo de las inclemencias meteorológicas. Por su parte, el marco del módulo fotovoltaico está construido en aluminio anodizado.

Se ha previsto de módulos monocristalinos debido a su mayor eficiencia y mejor comportamiento frente a pequeñas sombras, además de minimizar el espacio necesario para su instalación.

En el anexo de fichas técnicas se incluirá todas las características técnicas del equipo. Sin embargo, se detallará a continuación las características principales:

<b>Características</b>	<b>Valores</b>
<i>Modelo</i>	JKM570M-7RL4-V
<i>Fabricante</i>	Jinko solar
<i>Tipo de célula</i>	Monocristalino
<i>Potencia pico</i>	570 Wp
<i>Eficiencia</i>	20.85%
<i>Voltaje circuito abierto</i>	53.74 V
<i>Corriente cortocircuito</i>	13.52 A
<i>Dimensiones (LxAxG)</i>	2411x1134x35 mm
<i>Peso</i>	30.6

Tabla 4: Características módulo fotovoltaico

### 1.9.2- Estructura módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos irán colocados en una estructura fija prefabricada por el fabricante Solar Fix. Estructura con postes hincados directamente en el terreno, configuración única para toda la instalación en la que se realizaran mesas de 2 módulos en vertical con un total de 30 módulos por mesa.

Fabricada de magnelis y acero galvanizado en caliente por ASTM A123 o ISO 1461, con una altura al suelo de 723 mm y una profundidad de hincado como mínimo de 1300 mm.

Inclinación de la estructura de  $30^{\circ}$ , como se ha optimizado en la memoria de cálculos justificativos. Los datos técnicos se adjuntarán en el anexo de ficha técnicas. Quedando la estructura con la siguiente forma:



### 1.9.3- Cajas strings

Las cajas de strings nos permiten unificar los strings para la llegada hasta el inversor. Se realiza la conexión en paralelo manteniendo así la tensión de cada strings. De la misma forma se instalará fusibles en cada línea de strings y por cada uno de los polos en la entrada a la caja de strings para protegerlos de corrientes inversas.

Además, se instalará un seccionador a la salida de la caja para dar facilidad en cualquier tarea de mantenimiento.

Cada caja contará con 15 strings conectados en paralelo dando una única salida hasta el inversor. Por lo tanto, por cada inversor contendrá con 4 cajas para así utilizar 4 de las entradas del inversor.

De la misma forma se incluirá la tarjeta de comunicaciones para monitorizar las tensiones e intensidad de cada strings.

Las cajas se montarán fuera de la radiación solar utilizando la propia estructura de los módulos con se detalla en el documento de planos. Para que de esta forma queden resguardadas y protegidas de la lluvia.

Las cajas de string cumplirán con la normativa de compatibilidad electromagnética UNE-EN 61000-6-4 y UNE-EN 61000-6-2 y también la UNE-

EN 50178 de equipos electrónicos para uso en instalaciones de potencia.

Los datos técnicos de las cajas strings se puede encontrar en el anexo de fichas técnicas, quedando las siguientes principales características:

<b>Características</b>	<b>Valores</b>
<i>Máxima tensión DC</i>	1500 V
<i>Nº entradas</i>	15
<i>Fusibles</i>	20 A
<i>Seccionador de salida</i>	300 A
<i>Descargador sobretensiones</i>	Tipo 2, 1500 V
<i>Sección conductor-entrada</i>	6 mm <sup>2</sup>
<i>Sección conductor-salida</i>	240 mm <sup>2</sup>
<i>Grado de protección</i>	IP65

Tabla 5: Características DCBox

#### 1.9.4- Inversores

Se ha previsto de un total de 8 inversores para conseguir la potencia nominal objetivo de 4 MW. El modelo utilizado es 500TL U X400 Outdoor del fabricante ingeteam que ofrece una potencia de salida de 510 kW a una tensión trifásica de 400 V.

El inversor cuenta con 2 bloques de potencia con 1 seguidor de máxima potencia con 8 entradas DC. Se ha optado por esta configuración ya que los inversores con mayor numero de MPPT se encarecen y para las necesidades de la instalación es suficiente. Debido a que todos los módulos están orientados en el mismo acimut e inclinación y todos los strings contienen la misma cantidad de módulos.

Estos inversores permiten un rango de operación para una tensión de entrada de 578-820 V DC con una tensión máxima permitida en vacío de 1000 V. La operación se realiza de forma automática, cuando recibe la tensión mínima necesaria el inversor comienza a convertir la CC a CA. Además, si los módulos

no producen energía suficiente, el inversor se desconectará en los siguientes casos:

- Fallo de red eléctrica: si el suministro de la red eléctrica se interrumpe, el inversor se encuentra en cortocircuito y se desconectará. Se volverá a conectar cuando se haya restablecido la tensión en la red.
- Tensión fuera de rango: si la tensión está por encima o por debajo de la tensión de funcionamiento del inversor, este se desconectará, esperando a tener condiciones favorables de funcionamiento.
- Frecuencia fuera de rango: si la frecuencia de la red está fuera del rango admisible, el inversor se detendrá inmediatamente, ya que este indica que la red está funcionando en modo isla o su estado es inestable.
- Temperatura elevada: el inversor dispone de un sistema de refrigeración forzada por aire, si la temperatura sobrepasa la máxima, el inversor se desconectará y se refrigerará.

Además, el inversor cuenta con protecciones contra:

- Polarización inversa DC.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Descargadores de sobretensiones atmosféricas DC y AC, tipo 2.
- Seccionador DC monitorizado.
- Fusibles AC.

En cuanto la comunicación permite la conexión entre inversores mediante cable ethernet y la monitorización de las corrientes de entrada DC.

Las características técnicas se adjuntarán en el anexo de fichas técnicas, sin embargo, las características principales son las siguientes:

<b>Características</b>	<b>Valores</b>
<i>Modelo</i>	500TL U X400 Outdoor
<i>Fabricante</i>	Igeteam

*Valores entrada DC*

<i>Máxima corriente DC</i>	900 A
<i>Rango de funcionamiento MPPT</i>	578-820 V
<i>Maxima tensión</i>	1000 V
<i>Nº entradas DC</i>	8

*Valores de salida AC*

<i>Nº fases</i>	3
<i>Potencia nominal</i>	510 kW
<i>Tensión nominal</i>	400 V
<i>Frecuencia</i>	50 hz
<i>Factor de potencia</i>	1
<i>Corriente máxima de salida</i>	736 A
<i>Distorsión armónica</i>	<3%

**Rendimiento**

<i>Eficiencia máxima</i>	98.5%
<i>Consumo stand by</i>	60 W

**Otras características**

<i>Dimensiones</i>	231x100x213 cm
<i>Peso</i>	1374 Kg
<i>Grado de protección</i>	NEMA 3R
<i>Refrigeración</i>	Aire forzado

Tabla 6: Características Inversor

### 1.9.5- Transformadores

Los transformadores elevarán la tensión de salida del inversor (400Vac) hasta los 20 kV en los que está configurada la red de media tensión internet de la planta fotovoltaica. Se realiza dicha elevación de la tensión para reducir las pérdidas por transporte.

Para dicha tarea se ha propuesto los transformadores de 1250 KVA del fabricante Ormazabal. Con lo cual se instalarán 4 transformadores para realizar la tarea. Cada uno de ellos elevará la tensión de dos inversores, los conductores a la salida del inversor tras pasar por el cuadro de protecciones llegarán directamente a los bornes de entrada del inversor.

Los centros de transformación estarán vallados, siendo las características del vallado alrededor de los CT las siguientes:

- Altura mínima 1.7 metros y cama de grava.
- Puerta con apertura hacia el exterior.
- Puesta a tierra compartida con el centro de transformación.
- Carteles de riesgo eléctrico en todo su recorrido.

Estos equipos tienen las siguientes características:

<b>Características</b>	<b>Valores</b>
<i>Fabricante</i>	Ormazabal
<i>Potencia asignada</i>	1250 kVA
<i>Relación transformación</i>	20/0.42 kV
<i>Grupo de conexión</i>	Dyn11
<i>Dimensiones</i>	1640x1000x2146 mm
<i>Peso</i>	3050 kg

Tabla 7: Características Transformador



### 1.9.6- Celdas de protección en MT

El sistema de celdas de media tensión estará formado por el conjunto de celdas modulares, de aislamiento y corte general en hexafluoruro de azufre, con embarrados conectados utilizando conjuntos de unión para conseguir una unión totalmente apantallada. Las celdas provistas son del fabricante Ormazabal.

Estas celdas de MT disponen de las siguientes características:

- Resistencia mecánica: rigidez para soportar los esfuerzos producidos por el transporte, instalación y operación normal de la planta.
- Seguridad: sus puertas permanecerán cerradas frente a condiciones de fallo. El equipo se diseñará para evitar el acceso a partes energizadas durante la operación normal y durante su mantenimiento.
- Aislamiento: integral en gas SF6.
- Material de construcción: acero galvanizado a prueba de arco interno.
- Conexiones: mediante bornas enchufables.
- Normativa: cumplirán con la reglamentación vigente.

Se instalarán celdas de línea y protección con fusibles en las conexiones a la salida de los transformadores y entrada a la línea de media tensión interna en la planta.

Dichas celdas darán protección y posibilidad de maniobra de los transformadores elevadores de potencia. Se compone de un módulo metálico y en serie con el un portafusibles, con un embarrado superior de cobre y una derivación mediante interruptor seccionador rotativo para posibilitar también una posición de puesta a tierra.

Además de las celdas mencionadas para el punto de conexión a red se dispondrá adicionalmente de las celdas de medida, celda de paso y de protección mediante interruptor automático.

Todas las fichas técnicas de cada una de las celdas se incluirán en el anexo destinado a ello.

## 1.10- Instalación eléctrica BT

La instalación eléctrica en baja tensión constará de los siguientes tramos:

- Circuitos CC desde los strings hasta las DCBox.
- Circuitos CC desde las cajas DCBox hasta los inversores.
- Circuitos CA desde los inversores hasta el transformador.

Los cables de BT serán dimensionados y seleccionados atendiendo a los siguientes criterios de diseño en función de su tensión nominal y su intensidad máxima.

Tensión nominal de cada tramo:

<b>Tramo</b>	<b>Tensión nominal sistema</b>	<b>Tensión nominal cable</b>
<i>Strings-DCBox</i>	1500 Vcc	1.8 kV DC
<i>DCBox-Inversor</i>	1500 Vcc	1.8 kV DC
<i>Inversor-CT</i>	400 Vac	0.6/1kV AC

Tabla 8: Tensiones nominales de la instalación

Caída de tensión máxima admisible:

<b>Tramo</b>	<b>Máxima CDT</b>
<i>Strings-inversor</i>	1.5 %
<i>Inversor-CT</i>	1.5%

Tabla 9: Caídas de tensión máximas de la instalación

La tensión nominal del conductor estará siempre por encima de la tensión nominal del sistema

Intensidad máxima de cada tramo:

<b>Tramo</b>	<b>Intensidad nominal sistema</b>	<b>Intensidad nominal cable elegido</b>
<i>Strings-DCBox</i>	13.52 A	59 A
<i>DCBox-Inversor</i>	202.8 A	617 A
<i>Inversor-CT</i>	736 A	3x401=1203 A

Tabla 10: Intensidades nominales de la instalación

### 1.10.1- Cableado baja tensión CC

De los tramos correspondientes a corriente continua en baja tensión nos encontramos con los circuitos de strings y con los tramos desde las DCBox hasta los inversores como se ha visto en las anteriores tablas.

Para ambos tramos se ha utilizado el mismo modelo de cable del fabricante Prysmian, EXZHELLENT® Class SOLAR libre de halógenos H1Z2Z2-K 1,5/1,5 kVdc (1,8/1,8 kVdc máx.).

Cable especialmente diseñado para plantas fotovoltaicas de cobre estañado con aislamiento libre de halógenos reticulado, no propagador de llama, baja opacidad de humos emitidos y la disponibilidad de usar colores rojo y negro.

Permitiendo temperaturas máximas del conductor de más de 90°C o 120°C durante 20000 horas y temperatura mínima de trabajo de -40°C.

Garantizando por parte del fabricante una vida útil de 30 años.

Entre los extremos de los strings la instalación del cable se realizará mediante bandeja sujeta en la propia estructura o mediante bridas en caso de ser necesario. Para la unión de cada módulo se realizará mediante el propio conector incluido en el módulo.

Para los casos de necesidad de cruzamiento de estructuras para llegar a la DCBox se realizará enterrado siempre bajo tubo.

En el caso de los tramos desde las DCBox hasta el inversor el trazado se realizará enterrados bajo tubo de 100 mm de diámetro dejando una separación de 50 cm entre circuitos, a una profundidad de 70 cm como se indica en los planos.

Las secciones utilizadas para estos dos tramos son de 6 mm<sup>2</sup> y 240 mm<sup>2</sup> para los tramos de strings y la conexión al inversor respectivamente. Como se ha visto en las tablas del apartado anterior la intensidad que permite estos cables son bastante superiores a las necesidades de la instalación. El límite de caída de tensión ha sido el que ha llevado a estas secciones como se puede comprobar en la memoria de cálculos justificativos.

### **1.10.2- Cableado baja tensión AC**

Se corresponde con los pequeños tramos que existen entre los inversores y la conexión al lado de baja tensión del transformador. El cable elegido se trata de ARMIGRON®-F Class (unipolar) 0.6/1 kV del fabricante Prysmian. Conductor de cobre clase 2, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de PVC. Incluyendo una armadura de aluminio para darle mayor resistencia.

Temperatura máxima del conductor 90°C y temperatura mínima de trabajo de -25°C.

La instalación se realizará mediante bandeja al aire anclada en la pared de la caseta y en 3 circuitos por fases debido a la gran intensidad de salida del inversor. De esta forma pudiendo reducir la sección del conductor hasta los 150 mm<sup>2</sup> por fase y 70 mm<sup>2</sup> para el neutro.

### **1.10.3- Protecciones en BT**

Es necesario instalar protecciones contra contactos directos e indirectos, sobrecarga y sobretensiones. Para ello, se cuenta con que todas las cajas sean inaccesibles a personal no autorizado. Para la reducción de contactos indirectos se cuenta con la medición del aislamiento por tarde de los inversores que en caso de fallo parará la producción.

En el caso de sobretensiones se ha provisto de fusibles de 20 A incluidos en las DCBox como se ha mencionado anteriormente para la protección de cada string. Así como interruptores magnetotérmicos a la salida del inversor.

Toda la aparamenta eléctrica destinada a proteger la instalación de sobrecargas y sobretensiones tendrá el nivel de tensión y amperaje adecuado, especialmente la instalada en el circuito CC la cual estará diseñada para soportar los 1500 Vdc de intensidad máxima.

Los fusibles de las cajas de strings se seleccionarán con la curva de operación adecuada a su servicio.

## 11- Instalación eléctrica MT

El sistema de media tensión interior de la planta se sitúa en una tensión de 20kV para la elevación de dicha tensión se ha provisto de 4 transformadores de 1250 kVA. Entre ellos estarán conectados por una red formada por 3 fases con 1 conductor de aluminio por fase de 50 y 95 mm<sup>2</sup> según el tramo, respetando siempre la máxima caída de tensión en cada tramo.

La red irá enterrada bajo tubo sobre cama de arena a 1 metro de profundidad con la debida señalización.

La entrada de cada transformador a la red de media tensión se conectará a través de la celda de protección mediante fusibles. Las entradas y salidas a la red se realizarán mediante celdas de línea.

## 12- Puesta a tierra

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en la instalación, debido a faltas en la red de media tensión y derivaciones de la instalación se proveerá de una red de tierra en la que estarán conectados todos los equipos de la instalación junto con módulos y las estructura para ellos.

La red de tierra interna no deberá interferir en las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se transmitan defectos de la instalación fotovoltaica a la red de distribución de la compañía.

La puesta a tierra deberá cumplir el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT-13 y el reglamento electrotécnico par baja tensión de ITC-BT-18.

Por lo tanto, se ha contemplado una red de conductor de cobre desnudo de 25 mm<sup>2</sup>, con una red en forma de anillo con una longitud total de 4450 metros intercalando picas de 14 mm de diámetro y 1.5 metros de longitud.

Cálculos de la red de tierra justificados en la memoria de cálculos justificativos y detallada la distribución en el documento de planos.

### 13- Monitorización y SCADA

El sistema de monitorización planteado del fabricante meteocontrol permitirá controlar la planta en todos sus aspectos. Desde la medición de datos en cada tramo de la instalación hasta el control de parámetros de los inversores para así obtener un rendimiento optimo.

La supervisión se podrá realizar de forma local en la instalación o de forma remota vía internet.

Para dicho control se preverá de los siguientes dispositivos:

- Tarjetas strings DCBox: permiten el control de intensidad y tensión ofrecido por cada string.
- Inversores: medición tanto de entrada como salida de las intensidad y tensiones, incluyendo medidas de aislamiento y curvas de generación.
- Estación meteorológica: medición de la radiación incidente, temperatura del módulo, temperatura ambiente y velocidad del viento.
- Power plant controller: sistema de control de la planta conectado a la celda de medida en el punto de conexión a red.

Dichos dispositivos permiten el control y monitorización de la planta creando esquemas visuales para una percepción más rápida de donde se puede estar produciendo un fallo.

Creación de notificaciones en tiempo real en caso de avería para una mayor facilidad de llevar a cabo un mantenimiento.

Además, de la facilidad para la creación de informes de rendimiento de la planta a lo largo de todo un año dando la posibilidad de mejorar su funcionamiento.

Con respecto al power plant controller, actuará como intermediario entre el cliente de la instalación y la compañía distribuidora de la zona, ya que gracias a el se podrá hacer control de la potencia activa y reactiva inyectada a la red como frecuencia, tensión, factor de potencia...

## **14- Obra civil**

Dentro de las acciones necesarias para la instalación de la planta se deben realizar una serie de intervenciones de obra civil, siendo las siguientes tareas:

- Desbroce y explanación del terreno.
- Vallado de la parcela a ocupar.
- Excavación de zanjas para la canalización de los cables eléctricos.
- Edificaciones de las casetas para albergar inversores, transformadores y celdas de media tensión.
- Viales de acceso a la instalación, así como camino dentro de ella.

### **1.14.1- Desbroce y explanación del terreno**

Siendo la ubicación utilizada totalmente plana para reducir costes, será necesaria los trabajos de desbroce de todo el terreno para facilitar la construcción y el transporte de material.

### **1.14.2- Vallado de la parcelar a ocupar**

La realización del vallado de la parcela tiene como principal objetivo el evitar que entren en la instalación a personas ajenas.

El vallado rodeará toda la instalación y se construirán cuatro puntos de acceso lo suficientemente grande para la entrada y salida de vehículos. Delimitará la parcela a ocupar.

### **1.14.3- Excavación de zanjas**

Para la realización del cableado tanto de baja tensión como de media tensión es necesario la realización de zanjas como ya se ha descrito anteriormente.

Los materiales sobrantes como resultados de estas excavaciones se depositarán en el propio recinto de la planta o utilizados para nivelación del terreno.

En todo momento se deberá respetar el radio mínimo de curvatura permitido de los conductores, realizando la instalación siempre bajo tubo y hormigonado en caso de pasar por un camino transitado por vehículos.

#### **1.14.4- Edificación casetas**

Construcción de la cimentación para la instalación de casetas con las medidas dadas en los planos para albergar correctamente a los equipos. Dispuestos con rejillas de ventilación y puerta de seguridad.

La cimentación se realizará mediante losa de hormigón reforzada y los equipos apoyarán directamente sobre ella.

#### **1.14.5- Viales de acceso y caminos**

Con el objetivo de realizar un camino de acceso seguro para vehículos, se realizará la limpieza y eliminación de la capa superior para encontrar tierra compacta donde formar el camino.

Para el acceso a la planta se contemplará una vía de 4 metros de ancho con cunetas en los laterales para el drenaje del agua. Dejando radios de curvatura lo suficientemente años para entrada de camiones estándar.

## **15- Presupuesto**

ASCIENDE EL PRESUPUESTO TOTAL A LA CANTIDAD TOTAL DE TRES MILLONES VEINTE Y CINCO MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS CON NOVENTA Y DOS CENTIMOS.

Información más detallada en el documento IV Presupuesto.



## 2- Memoria cálculos justificativos

### 2.1- Orientación placas solares

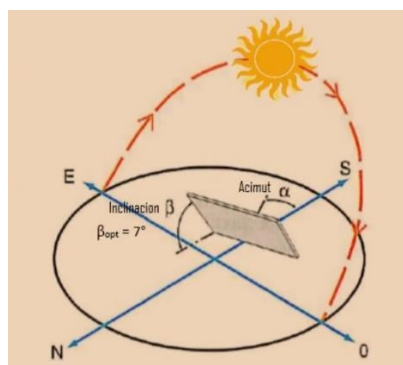
Para la instalación de las placas solares se va a optar por una estructura fija orientadas al sur con una inclinación determinada que vamos a justificar a continuación.

En este caso se está optando por una estructura fija por su coste reducido y muy bajo mantenimiento.

Teniendo en cuenta que los paneles solares se van a tener fijos durante todo el año con un grado de inclinación determinado, es muy importante que sea el correcto para la gestión de las distintas estaciones meteorológicas.

Un factor muy importante para la determinación del ángulo de inclinación de los paneles solares es la latitud donde se encuentre la instalación. Como las propuestas ofrecidas de la instalación se encuentran en la provincia de Málaga podemos considerar una latitud de 37 grados. El ángulo del terreno se puede considerar prácticamente 0, ya que las localizaciones propuestas se han buscado con esta intención, para facilitar así la instalación de la planta como los accesos en caso de alguna avería o modificación.

Los siguientes métodos para calcular la inclinación utilizan la latitud debido a que es la distancia a la que nos encontramos del ecuador y por lo tanto es la orientación más perpendicular hacia el sol.



Para la determinación del ángulo de inclinación vamos a tomar dos métodos distintos expuestos a continuación:

### Inclinación óptima para ángulo fijo anual

Este método se trata de una optimización basada en mediciones en distintas localizaciones para una compensación anual en tema de rendimiento. Donde:

$$\beta_{opt} = 0.69 \cdot \sigma + 3.7 = 0.69 \cdot 37 + 3.7 = 29.23^\circ$$

$$\sigma \rightarrow \text{latitud de la instalación}$$

$$\beta_{opt} = \text{ángulo de inclinación óptimo}$$

### Inclinación óptima para invierno y verano

Debido a que la inclinación del sol durante el invierno y el verano es muy distinta con este método vamos a calcular la inclinación óptima para cada estación de la siguiente forma:

$$\beta_{invierno} = 0.9 \cdot \sigma + 29 = 0.9 \cdot 37 + 29 = 62.3^\circ$$

$$\beta_{verano} = 0.9 \cdot \sigma - 23.5 = 0.9 \cdot 37 - 23.5 = 9.8^\circ$$

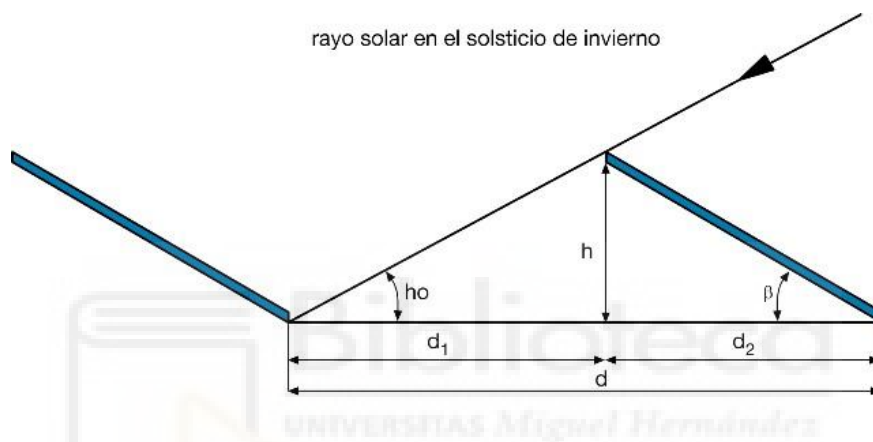
Para nuestro caso lo que buscamos es un ángulo fijo para todo el año podríamos concluir que quedaría una inclinación intermedia de  $36.05^\circ$

Como hemos visto con los dos métodos nos quedamos alrededor de los 30 grados de inclinación. Debido a que la mayoría de las estructuras estándares se fabrican para una inclinación de 30 grados, esto también es debido a que estructuras con una inclinación mayor generan esfuerzos bastante mayores con la acción del viento. Con lo que habría que instalar una estructura con más refuerzos lo que provocaría un incremento económico. Por lo tanto, se optará por una inclinación de **30 grados**.

## 2.2- Distancia entre filas de placas

Para la instalación de las placas se optará por dos filas de placas colocadas de forma vertical por cada hilera de la planta. Para que entre distintas filas no se solapen y no se produzcan sombras de una fila a otra es necesario calcular la distancia mínima entre filas. De esta forma para ajustar lo máximo posible el terreno a utilizar para la instalación.

Siguiendo el siguiente esquema de instalación podemos deducir:



Teniendo que nuestro  $\beta$  es de 30 grados como hemos visto en el apartado anterior, por lo tanto, podemos deducir  $d_2$  de la siguiente forma:

$$d = d_1 + d_2$$

$$d_2 = \cos 30 \cdot B = \cos 30 \cdot 4.822 = 4.1759 \text{ m}$$

$$h_0 = 90 - \text{latitud} = 90 - 37 = 53^\circ$$

$$h = B \cdot \sin 30 = 4.822 \cdot \sin 30 = 2.4111 \text{ m}$$

$$d_1 = \frac{h}{\tan 53} = 1.8168 \text{ m}$$

$$d = d_1 + d_2 = 1.8168 + 4.1759 = 5.9927 \text{ m}$$

Por lo tanto, tomaremos una distancia de **6 metros** de distancia entre filas de placas.

## 2.3- Cálculo cantidad de módulos por string

Para determinar el número de módulos conectados en serie se deben tener en cuenta dos factores principales.

Ya que esta asociación en serie determinará la tensión nominal que tendremos en la entrada del inversor, debemos asegurar que la tensión máxima en vacío sea siempre inferior a la máxima tensión del inversor.

De igual forma, esta tensión debe estar comprendida entre el rango de funcionamiento del inversor.

La tensión máxima de un módulo será obtenida cuando se tengan condiciones de baja temperatura, entonces estos operarán a alta eficiencia. Basados en el criterio de condiciones de mínima temperatura de operación, la expresión para el cálculo de número máximo de módulos por string es la siguiente:

$$N_{Smax} = \frac{V_{max\ MPPT}}{V_{oc\ T_{min}}}$$

$N_{Smax}$ : Número máximo de módulos conectados en serie.

$V_{max}$ : Máxima tensión de entrada permitida por el inversor.

$V_{oc}$ : Tensión en vacío por cada módulo.

Se necesita obtener previamente  $V_{oc}$  ( $T_{cell\ min}$ ) de la siguiente manera:

$$V_{ocT_{min}} = V_{oc25^{\circ}} + \Delta T \cdot \Delta V_{oc} (\%)$$

Dónde:

- $V_{oc}$  ( $25^{\circ}\text{C}$ ): Tensión de vacío del módulo en condiciones estándar. Para el módulo del

Proyecto este valor es de 53.74 V.

- $\Delta T$ : diferencia de temperatura entre las condiciones de trabajo del módulo a temperatura mínima de célula y las condiciones estándar de operación ( $25^{\circ}\text{C}$ )

- $\Delta V_{oc}$  (%): Coeficiente de caída de tensión del módulo a circuito abierto debido a la temperatura.

Para el módulo del proyecto este valor es de  $-0,28 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ .

$$V_{OC_{Tmin}} = V_{OC_{25^{\circ}}} + \Delta T \cdot \Delta V_{OC} (\%) = 53.74 + 2 \cdot 0.28 = 54.3 \text{ V}$$

$$N_{Smax} = \frac{V_{max}}{V_{OC_{Tmin}}} = \frac{820 \text{ V}}{54.3 \text{ V}} = \mathbf{18.41 \text{ módulos}}$$

La segunda condición para así determinar el número mínimo de módulos en serie tomamos en consideración la tensión mínima necesaria para el funcionamiento del inversor:

$$N_{Smin} = \frac{V_{min \text{ MPPT}}}{V_n_{Tmax}}$$

Dónde:

- $N_{smin}$ : Número mínimo de módulos por string
- $V_{min \text{ MPPT Inv.}}$ : Tensión mínima del rango del MPPT del inversor. Para el caso del proyecto, el rango de MPPT de 578-820V, por lo que dicho valor toma el valor de 820 V.
- $V_n (T_{cel \text{ max}})$ : Tensión de máxima potencia del módulo cuando la célula trabaja a su máxima temperatura.

Se necesita obtener previamente  $V_n (T_{cell \text{ max}})$  de la siguiente manera:

$$V_{n_{Tmax}} = V_{n_{25^{\circ}}} + \Delta T \cdot \Delta V_{OC} (\%) = 44.29 + 2 \cdot (-0.28) = 43.73 \text{ V}$$

$$N_{Smin} = \frac{V_{min \text{ MPPT}}}{V_{n_{Tmax}}} = \frac{578 \text{ V}}{43.73 \text{ V}} = \mathbf{13.21 \text{ Módulos}}$$

Por lo tanto, se ha optado por una asociación de **15 módulos en serie** para conseguir una mayor productividad en todo momento. Teniendo en cuenta que nuestro inversor puede llegar hasta tensiones de 1000V sin que se produzca ningún daño, de esta forma tenemos bastante margen.

Al estar conectadas en serie las intensidades de pico y de cortocircuito se mantienen con respecto a lo que ofrece cada placa. Dadas en la ficha técnica del panel solar sería lo siguiente:

$$I_{stringCC} = 13.52 A$$

$$I_{stringPMP} = 12.87 A$$

En el caso de la tensión obtenida por esta agrupación sería tanto en cortocircuito como tensión pico de la placa lo siguiente:

$$V_{stringCC} = n_{string} \cdot V_{CC} = 15 \cdot 53.74 = 806.1 V$$

$$V_{stringPMP} = n_{string} \cdot V_{PMP} = 15 \cdot 44.29 = 664.35 V$$

Si cada panel nos da una potencia pico de 570 W, tendremos una potencia máxima por string de:

$$P_{string} = n_{string} \cdot P_{panel} = 15 \cdot 570 = 8.55 KW$$

## 2.4- Cálculo cantidad de string en paralelo

Una vez obtenida la tensión apropiada para la instalación con una asociación de 15 paneles en serie. Se ha previsto una instalación de 7200 paneles para así obtener una potencia total instalada de 4104 KWp. Por lo tanto, con dicha configuración obtendremos la siguiente cantidad de string:

$$n_{strings} = \frac{n^{\circ} \text{módulos}}{\text{módulos por string}} = \frac{7200}{15} = 480 \text{ strings}$$

Tal como se ha descrito nuestra instalación va a contar con un total de 8 inversores de 500 KWn con lo que tendremos la siguiente cantidad de strings por inversor:

$$n_{strings/inversor} = \frac{480}{8} = 60 \text{ strings}$$

Con lo que contamos con una cantidad exacta de 60 strings por inversor, aunque estos tengan un único MPPT cuentan con 8 entradas DC. Teniendo esta disponibilidad, se ha tratado de optimizar la cantidad de strings en paralelo. En esta estimación se ha tenido en cuenta dos factores.

El primero, no realizar agrupaciones demasiado elevadas de strings ya que esto supondría una intensidad muy elevada en el tramo hasta el inversor lo que supondría una sección de cable elevada que aumentaría demasiado los costes.

Y segundo, si realizamos agrupaciones muy pequeñas queriendo aprovechar lo máximo posible las entradas del inversor supondría la instalación de gran cantidad de cajas DC lo que también nos llevaría a costes elevados.

Por lo tanto, teniendo en cuenta estas dos restricciones se ha optado por agrupaciones de 15 strings por caja, con lo que tendremos un total de 4 cajas DC completas por inversor.

## 2.5- Fusibles y seccionadores en cajas DC

### 2.5.1- Fusibles

En la caja de conexiones, cada entrada estará provista de una protección con un fusible de una cantidad que determinaremos a continuación. Se deben cumplir las siguientes condiciones para ajustarlos apropiadamente:

- Valor nominal del fusible deberá ser igual o inferior al valor de la capacidad máxima del fusible recomendada por el fabricante del módulo:

$$I_{fusible} \leq I_{móduloFabricante}$$

- El valor nominal del fusible deberá ser mayor o igual que 1.35 veces la intensidad de cortocircuito del módulo:

$$I_{fusible} \geq 1.35 \cdot I_{cc}$$

- El valor nominal del fusible deberá estar por debajo de la máxima capacidad del cable  $I_{fusible} < I_{cablemax}$

Con estas restricciones podemos confirmar los siguientes datos:

$$I_{MóduloFabricante} = 25 \text{ A}$$

$$1.35 \cdot I_{cc} = 18.25 \text{ A}$$

$$I_{cablemax} = 36 \text{ A}$$

Con estos datos podemos seleccionar **un fusible de 20 A** para cada entrada en la caja DC.

$I_{fusible} \leq I_{móduloFabricante}$	20A < 25 A
$I_{fusible} \geq 1.35 \cdot I_{cc}$	20 A > 18.25 A
$I_{fusible} < I_{cablemax}$	20 A < 36 A

Tabla 11: Valoración intensidad de los fusibles

### 2.5.2- Seccionadores

Para mayor seguridad y sobre todo para mayor facilidad en caso de alguna avería, cada caja DC llevará incorporado un seccionador a la salida de la misma. El valor nominal de intensidad del interruptor debe ser mayor o igual a 1,25 veces el valor de intensidad de cortocircuito del módulo (Icc)

$$I_{seccionador} \geq 1.35 \cdot I_{cc} \geq 273.75 A$$

Al tener cada caja la llegada de 15 strings la intensidad total de salida tomada para dimensionar el seccionador será de 273.75. Se instalarán **seccionadores con una intensidad máxima de 300A.**

### 2.6- Cálculos cableado DC

La elección de la sección a utilizar para los circuitos correspondientes de corriente continua será considerada las siguientes restricciones:

- Los cables de BT CC serán dimensionados de acuerdo con lo establecido en el estándar internacional UNE-60364-5-523 sobre intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables.
- Para los circuitos a instalar entre módulos fotovoltaicos y cajas de string se ha elegido un cable de uso fotovoltaico (H1Z2Z2-K), de conductor de Cu unipolar, aislamiento de material compuesto reticulado y temperatura máxima de servicio de 90°C, tensión asignada de 1/1 kV (1,8/1,8 kVdc máx.).



- Se considera que la instalación del cable de string a cajas de string se realizará mediante bandeja instalada en la propia estructura de los módulos.
- Para los circuitos entre de cajas de string e inversor se ha elegido un cable XZ1 de conductor de Cu unipolar, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y temperatura máxima de servicio de 90°C, tensión asignada de 0,6/1kV (apto para uso en 1500 Vcc).
- Se considera que la instalación del cable de cajas de string a inversor se realizará directamente enterrado bajo tubo.
- Para el cálculo de los cables de string (y en consecuencia de los cables de cajas de string a inversores) se ha partido de la intensidad de cortocircuito en condiciones standard (STC) del módulo del proyecto.
- Las intensidades máximas admisibles para los distintos tipos de cables y métodos de instalación indicados arriba serán acorde con los valores de las Tablas B.52.2 a B.52.13 de la norma IEC-60364-5-523.
- Para el cálculo de la intensidad máxima admisible se tomarán los parámetros correspondientes de las tablas de la norma UNE-60364-5-523:
  - Tablas C-52-1: Intensidad admisible para cables no enterrados. Temperatura ambiente 40°C en el aire.
  - Tablas C-52-2: Intensidad admisible para cables enterrados. Temperatura ambiente 25°C en el terreno.
  - Tablas C-52-3: Factores de reducción para agrupación de varios circuitos.
  - Tablas A1: Factores de corrección por temperatura para cables no enterrados.
  - Tablas B-52-19: Factores de reducción para más de un circuito cables en tubos individuales enterrados.
  - Tabla A.52.D2: Factor de reducción para temperatura diferente del terreno de 25 grados.

### 2.6.1- Metodología de cálculo

Para el dimensionamiento de los cables se deben garantizar dos restricciones:

- La corriente máxima admisible una vez aplicada los factores de corrección correspondientes debe ser superior a la corriente nominal y de cortocircuito de la instalación considerando la temperatura máxima que puede alcanzar.
- La caída de tensión máxima producida desde los modulo hasta la entrada del inversor debe ser siempre inferior al 1.5%.

Para la aplicación de este procedimiento se tomarán los siguientes tramos:

- Tramo 1: módulo fotovoltaicos - Cajas DC.
- Tramo 2: Cajas DC – Inversor

### 2.6.3- Tramo 1, módulo fotovoltaico – Cajas DC

Intensidad máxima:

Primeramente, será necesario trabajar con el valor en cortocircuito de la unión en serie de los strings, que corresponde con 13.52 A. Para el cálculo de la parte de corriente continua se considerará como intensidad máxima la de cortocircuito proporcionada por los módulos fotovoltaicos.

Además, en este tramo se realizará la instalación sobre bandejas horizontales perforadas por lo que habrá que aplicar un factor de corrección para agrupaciones máximas de 6 circuitos de la tabla C.52.3 que equivale a 0.75.

También habrá que tener en cuenta la temperatura máxima ambiente que puede llegar alcanzar la instalación. Se considerará una temperatura ambiente de 40 grados, que corresponde a un factor de corrección de 1 de la tabla A.1.

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_{cc}}{K_a \cdot K_T} = \frac{13.52}{0.75 \cdot 1} = 18.03 \text{ A}$$

Teniendo esta intensidad corregida podemos concluir que con la primera restricción se aplicará un cable de 4mm<sup>2</sup> Cu de sección.

### Caída de tensión:

Debemos tener una caída de tensión máxima de 1.5%, tal como se detalla en la ITC-BT-40. Esta caída de tensión se debe cumplir en todo el recorrido, aunque el cálculo se esté llevando por dos tramos distintos. Dicha caída de tensión se rige por la siguiente ecuación:

$$e = \frac{2 \cdot I_{PMP} \cdot L}{\gamma \cdot S}$$

Donde:

*I<sub>PMP</sub>*: Intensidad nominal de los módulos.

*L*: longitud del cable desde el string hasta la caja de conexiones.

*γ*: Conductividad del material a 90°C en termostables (cobre:45,5 m/Ω·mm<sup>2</sup>).

*S*: Sección del cable.

Ya que la caída de tensión es proporcional a la distancia para la explicación vamos a tomar el tramo más largo que cuenta con 65.1 metros.

Parar obtener una sección mínima para la instalación se utilizará en el cálculo el 1.5% de la tensión nominal que proporciona la unión en serie de los 15 módulos.

$$S = \frac{2 \cdot I_{PMP} \cdot L}{\gamma \cdot e} = \frac{2 \cdot 12.87 \cdot 65.1}{45.5 \cdot 44.29 \cdot 15 \cdot 0.015} = 3.69 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, se podría considerar una sección de 4mm<sup>2</sup> ya que cumpliría las dos restricciones, sin embargo, se instalará con una sección de 6mm<sup>2</sup> para poder dejar más margen de caída de tensión para el segundo tramo. Con dicha sección nos quedaría una caída de tensión máxima de:

$$e = \frac{2 \cdot I_{PMP} \cdot L}{\gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 12.87 \cdot 65.1}{45.5 \cdot 6} = 6.13 \text{ V}$$

$$e \% = \frac{6.13}{44.29 \cdot 15} \cdot 100 = 0.92\% \text{ V}$$

Por lo tanto, con el segundo tramo debemos conseguir no superar el 1.5%

## 2.6.4- Tramo 2, Cajas Dc-inversor

### Intensidad máxima:

Primeramente, será necesario trabajar con el valor en cortocircuito de la unión en paralelo de los 15 strings, que corresponde con 202.8 A.

Además, en este tramo se realizará la instalación enterrada bajo tubo con una distancia entre circuitos de 0.5 m por lo que habrá que aplicar un factor de corrección para agrupaciones máximas de 4 circuitos de la tabla B.52.19 que equivale a 0.85.

También habrá que tener en cuenta la temperatura máxima ambiente que puede llegar alcanzar la instalación. Se considerará una temperatura del terreno de 25 grados, que corresponde a un factor de corrección de 1 de la tabla A.52.D2.

Dichos conductores irán enterrados a una profundidad de 0.70m siendo el estándar y por el cual no habría que aplicar ningún factor de corrección.

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_{cc}}{K_p \cdot K_a \cdot K_T} = \frac{202.8}{1 \cdot 0.75 \cdot 1} = 270 \text{ A}$$

Teniendo esta intensidad corregida podemos concluir que con la primera restricción se aplicará un cable de 240 mm<sup>2</sup> Cu de sección.

### Caída de tensión:

Debemos tener una caída de tensión máxima de 1.5%, tal como se detalla en la ITC-BT-40. Esta caída de tensión se debe cumplir en todo el recorrido, aunque el cálculo se esté llevando por dos tramos distintos. Dicha caída de tensión se rige por la siguiente ecuación:

$$e = \frac{2 \cdot I_{PMP} \cdot L}{\gamma \cdot S}$$

Donde:

*I<sub>PMP</sub>*: Intensidad nominal de los módulos.

*L*: longitud del cable desde el string hasta la caja de conexiones.

$\gamma$ : Conductividad del material a 90°C en termoestables (cobre: 45,5 m/Ω·mm<sup>2</sup>).

S: Sección del cable.

Ya que la caída de tensión es proporcional a la distancia para la explicación vamos a tomar el tramo más largo que cuenta con 100.6 metros.

Para obtener una sección mínima para la instalación se utilizará en el cálculo el 1.5% de la tensión nominal que proporciona la unión en serie de los 15 módulos.

$$S = \frac{2 \cdot I_{PMP} \cdot L}{\gamma \cdot e} = \frac{2 \cdot 12.87 \cdot 15 \cdot 100.6}{45.5 \cdot 44.29 \cdot 15 \cdot 0.015} = 85.66 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, se podría considerar una sección de 240mm<sup>2</sup> Cu para que pueda cumplir la restricción de intensidad máxima, con dicha sección nos quedaría una caída de tensión máxima de:

$$e = \frac{2 \cdot I_{PMP} \cdot L}{\gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 12.87 \cdot 15 \cdot 100.6}{45.5 \cdot 240} = 3.55 \text{ V}$$

$$e \% = \frac{3.55}{44.29 \cdot 15} \cdot 100 = 0.53\% \text{ V}$$

En la tabla del anexo se puede comprobar todos los cálculos de todos los strings hasta los inversores en los que ninguno se superará el 1.5% de caída de tensión.

## 2.7- Cálculos cableado AC

Para el cálculo del cableado AC, tenemos tres tramos en los que en dos de ellos no se considerará la caída de tensión por su baja longitud.

- Tramo 1: inversor-Transformador
- Tramo 2: Transformador-celdas MT
- Tramo 3: Celdas MT a red

En la IEC 60287 se recomienda que para una operación “razonablemente eficiente” de los equipos la caída de tensión permisible no debe ser mayor al 3% (para circuitos ramales) y donde la caída total del alimentador y el circuito ramal en su punto más lejano no exceda el 5%. Se ha establecido una caída de tensión

no mayor a 2% para efectos de este cálculo.

Para la selección de cables de MT se ha considerado la siguiente normativa:

- Los cables de media tensión serán dimensionados de acuerdo con lo establecido en los estándares ITC-LAT 06 y IEC 60287-2-2.
- Las longitudes de las rutas para los cables fueron tomadas de los planos del proyecto
- Los factores de corrección utilizados en el cálculo de cables de media tensión se toman de la norma ITC-LAC 06.

### 2.7.1- Tramo 1: inversor-transformador

A la salida del inversor a máxima potencia tenemos las siguientes características:

$$V_{S-inversor} = 400 V$$

$$I_{S-inversor} = 736 A$$

#### Intensidad máxima

De la misma forma se dimensionará el cable para una intensidad 125% a la intensidad a máxima potencia de salida del inversor:

$$I_{125\%} = I_{S-inversor} \cdot 1.25 = 736 \cdot 1.25 = 920 A$$

Se realizará la instalación en bandejas perforadas horizontales y verticales. Teniendo en cuenta la elevada intensidad por cada fase se utilizará 3 conductores por lo que habrá que tener en cuenta esta agrupación en el cálculo. Con lo que corresponde a un factor de agrupamiento de 0.8 según la tabla C.52.3.

Para temperatura ambiente se tomará una temperatura máxima de 40 grados ambiente con lo que corresponde a un factor de corrección de 1 según la tabla A-1.

Con todo esto nos queda la siguiente intensidad corregida:

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_{125\%}}{K_a \cdot K_T} = \frac{920}{0.8 \cdot 1} = 1150 A$$

Como hemos descrito y utilizamos 3 conductores por fase la intensidad corregida por cada conductor corresponderá a 383.33 A, con lo que podemos utilizar conductores de 150 mm<sup>2</sup> Cu con neutro de 70 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Como ya hemos comentado antes, la distancia máxima en este tramo sería de 12.7 metros máximo. Indicándonos el fabricante que tendremos una caída de 0.45 V/AKm.

$$0.45 \frac{V}{A \cdot Km} \cdot 245.33 A \cdot \frac{12.7}{1000} km = 1.40 V$$

$$e \% = \frac{1.40}{400} \cdot 100 = 0.35\% V$$

Teniendo una caída de tensión máxima en los 3 conductores de 1.05%

**2.7.2- Tramo 2: Transformador-celdas MT**

A la salida del transformador a máxima potencia tenemos las siguientes características:

$$V_{S-Transformador} = 20 KV$$

$$I_{S-Transformador} = \frac{P}{\sqrt{3} \cos \varphi \cdot V} = \frac{1250000}{\sqrt{3} \cos 0.8 \cdot 20000} = 36.08 A$$

Considerando el caso más desfavorable con un factor de potencia de 0.8.

Intensidad máxima

De la misma forma se dimensionará el cable para una intensidad 125% a la intensidad a máxima potencia de salida del transformador:

$$I_{125\%} = I_{S-Transformado} \cdot 1.25 = 36.08 \cdot 1.25 = 45.1 A$$

Se realizará la instalación en bandejas perforadas horizontales y verticales. Según el catálogo para tensión de 20 KV podemos utilizar sección de 50 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Como ya hemos comentado antes, la distancia máxima en este tramo sería de 3 metros máximo por lo tanto caída de tensión es prácticamente despreciable, aun así, dicha caída de tensión sería la siguiente:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.1 \cdot I \cdot L}{V} (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi)$$

Donde:

- e%: Porcentaje caída de tensión.
- I: Intensidad nominal en amperios.
- L: Longitud del circuito en metros.
- V: Tensión en voltios.
- r: Resistencia en Ohm/Km.
- x: Inductancia en Ohm/Km.
- cos  $\varphi$ : Factor de potencia de la carga.

Valores de resistencia e inductancia obtenidos del fabricante seleccionado para los conductores:

Sección conductor Al / pantalla Cu (mm <sup>2</sup> )	Diámetro nominal sobre aislamiento (1) (mm)	Diámetro nominal exterior (1) (mm)	Peso (1) (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (1) (mm)	Intensidad máx. admisible al aire (2) (A)	Intensidad máx. admisible directamente enterrado (2) (A)	Intensidad máx. admisible bajo tubo enterrado (2) (A)	Resistencia en corriente continua a 20 °C ( $\Omega$ /km)	Resistencia en corriente alterna a 105 °C ( $\Omega$ /km)	Reactancia a 50 Hz ( $\Omega$ /km)	Capacidad ( $\mu$ F/km)
1X50/16 *	18,0	26,2	790	393	180	145	135	0,641	0,847	0,134	0,216
1X95/16	20,8	29,0	980	435	275	215	200	0,320	0,430	0,119	0,281
1X150/16 *	23,5	32,0	1205	480	360	275	255	0,206	0,277	0,112	0,329
1X240/16 *	27,6	36,1	1570	542	495	365	345	0,125	0,168	0,103	0,402
1X400/16 *	32,8	41,4	2115	621	660	470	450	0,0778	0,105	0,097	0,480
1X500/16	36,2	44,5	2625	668	775	540	515	0,0605	0,089	0,093	0,558
1X630/16 *	40,8	49,4	3075	741	905	615	590	0,0469	0,066	0,091	0,602

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.1 \cdot 36.08 \cdot 3}{20000} (0.847 \cdot \cos 0.8 + 0.134 \cdot \sin 0.6) = 0.079 \%$$



### 2.7.3- Tramo 3: Celdas MT a conexión red

En este tramo la instalación se realizará enterrada bajo tubo a 1 m de profundidad y los cálculos se regirán por la ITC-LAT 06.

Para el cálculo se tomará una resistividad del terreno de 1.5 K.m/W y una temperatura del terreno de 25 grados. Dada estas condiciones no es necesario aplicar ningún factor de reducción.

En este tramo será necesario hacer el cálculo por cada subtramo de transformador ya que se irá sumando la intensidad. Dichos subtramos serán los siguientes:

- Subtramo 1: inversores 1-2 a inversores 3-4.
- Subtramo 2: inversores 3-4 a inversores 5-6.
- Subtramo 3: inversores 5-6 a inversores a 7-8.
- Subtramo 4: inversores 7-8 a celdas conexión red.

#### Subtramo 1: inversores 1-2 a inversores 3-4

A la salida de las celdas de los inversores 1-2 a máxima potencia tenemos las siguientes características:

$$V_{S-inv1-2} = 20 \text{ KV}$$

$$I_{S-inv1-2} = 36.08 \text{ A}$$

#### Intensidad máxima

De la misma forma se dimensionará el cable para una intensidad 125% a la intensidad a máxima potencia de salida del transformador:

$$I_{125\%} = I_{S-inv1-2} \cdot 1.25 = 36.08 \cdot 1.25 = 45.1 \text{ A}$$

Según el catálogo para tensión de 20 KV podemos utilizar sección de 50 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Como ya hemos comentado antes, la distancia máxima en este tramo sería de 3 metros máximo por lo tanto caída de tensión es prácticamente despreciable, aun así, dicha caída de tensión sería la siguiente:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.1 \cdot I \cdot L}{V} (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi)$$

Donde:

- e%: Porcentaje caída de tensión.
- I: Intensidad nominal en amperios.
- L: Longitud del circuito en metros.
- V: Tensión en voltios.
- r: Resistencia en Ohm/Km.
- x: Inductancia en Ohm/Km.
- cos  $\varphi$ : Factor de potencia de la carga.

Valores de resistencia e inductancia obtenidos del fabricante seleccionado para los conductores:

Sección conductor Al / pantalla Cu (mm <sup>2</sup> )	Diámetro nominal sobre aislamiento (1) (mm)	Diámetro nominal exterior (1) (mm)	Peso (1) (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (1) (mm)	Intensidad máx. admisible al aire (2) (A)	Intensidad máx. admisible directamente enterrado (2) (A)	Intensidad máx. admisible bajo tubo enterrado (2) (A)	Resistencia en corriente continua a 20 °C ( $\Omega$ /km)	Resistencia en corriente alterna a 105 °C ( $\Omega$ /km)	Reactancia a 50 Hz ( $\Omega$ /km)	Capacidad ( $\mu$ F/km)
1X50/16 *	18,0	26,2	790	393	180	145	135	0,641	0,847	0,134	0,216
1X95/16	20,8	29,0	980	435	275	215	200	0,320	0,430	0,119	0,281
1X150/16 *	23,5	32,0	1205	480	360	275	255	0,206	0,277	0,112	0,329
1X240/16 *	27,6	36,1	1570	542	495	365	345	0,125	0,168	0,103	0,402
1X400/16 *	32,8	41,4	2115	621	660	470	450	0,0778	0,105	0,097	0,480
1X500/16	36,2	44,5	2625	668	775	540	515	0,0605	0,089	0,093	0,558
1X630/16 *	40,8	49,4	3075	741	905	615	590	0,0469	0,066	0,091	0,602

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.1 \cdot 36.08 \cdot 109}{20000} (0.847 \cdot \cos 0.8 + 0.134 \cdot \sin 0.6) = 0.0288\%$$

## Subtramo 2: inversores 3-4 a inversores 5-6

A la salida de las celdas de los inversores 1-2 a máxima potencia tenemos las siguientes características:

$$V_{S-inv3-4} = 20 \text{ KV}$$

$$I_{S-inv3-4} = 72.16 \text{ A}$$

### Intensidad máxima

De la misma forma se dimensionará el cable para una intensidad 125% a la intensidad a máxima potencia de salida del transformador:

$$I_{125\%} = I_{inv3-4} \cdot 1.25 = 60.14 \cdot 1.25 = 90.2 \text{ A}$$

Según el catálogo para tensión de 20KV podemos utilizar sección de 50 mm<sup>2</sup>.

### Caída de tensión:

Como ya hemos comentado antes, la distancia máxima en este tramo sería de 3 metros máximo por lo tanto caída de tensión es prácticamente despreciable, aun así, dicha caída de tensión sería la siguiente:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.1 \cdot I \cdot L}{V} (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi)$$

Donde:

- e%: Porcentaje caída de tensión.
- I: Intensidad nominal en amperios.
- L: Longitud del circuito en metros.
- V: Tensión en voltios.
- r: Resistencia en Ohm/Km.
- x: Inductancia en Ohm/Km.
- cos  $\varphi$ : Factor de potencia de la carga.

Valores de resistencia e inductancia obtenidos del fabricante seleccionado para los conductores:

Sección conductor Al / pantalla Cu (mm <sup>2</sup> )	Diámetro nominal sobre aislamiento (1) (mm)	Diámetro nominal exterior (1) (mm)	Peso (1) (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (1) (mm)	Intensidad máx. admisible al aire (2) (A)	Intensidad máx. admisible directamente enterrado (2) (A)	Intensidad máx. admisible bajo tubo enterrado (2) (A)	Resistencia en corriente continua a 20 °C (Ω /km)	Resistencia en corriente alterna a 105 °C (Ω /km)	Reactancia a 50 Hz (Ω /km)	Capacidad (μ F/km)
1X50/16 *	18,0	26,2	790	393	180	145	135	0,641	0,847	0,134	0,216
1X95/16	20,8	29,0	980	435	275	215	200	0,320	0,430	0,119	0,281
1X150/16 *	23,5	32,0	1205	480	360	275	255	0,206	0,277	0,112	0,329
1X240/16 *	27,6	36,1	1570	542	495	365	345	0,125	0,168	0,103	0,402
1X400/16 *	32,8	41,4	2115	621	660	470	450	0,0778	0,105	0,097	0,480
1X500/16	36,2	44,5	2625	668	775	540	515	0,0605	0,089	0,093	0,558
1X630/16 *	40,8	49,4	3075	741	905	615	590	0,0469	0,066	0,091	0,602

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.1 \cdot 72.16 \cdot 109}{20000} (0.847 \cdot \cos 0.8 + 0.134 \cdot \sin 0.6) = 0.0577 \%$$

### Subtramo 3: inversores 5-6 a inversores a 7-8

A la salida de las celdas de los inversores 1-2 a máxima potencia tenemos las siguientes características:

$$V_{S-inv5-6} = 20 \text{ KV}$$

$$I_{S-inv5-6} = 108.24 \text{ A}$$

#### Intensidad máxima

De la misma forma se dimensionará el cable para una intensidad 125% a la intensidad a máxima potencia de salida del transformador:

$$I_{125\%} = I_{inv5-6} \cdot 1.25 = 108.24 \cdot 1.25 = 135.3 \text{ A}$$

Según el catálogo para tensión de 20 KV podemos utilizar sección de 95 mm<sup>2</sup>.

#### Caída de tensión:

Como ya hemos comentado antes, la distancia máxima en este tramo sería de 3 metros máximo por lo tanto caída de tensión es prácticamente despreciable, aun así, dicha caída de tensión sería la siguiente:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.1 \cdot I \cdot L}{V} (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi)$$

Donde:

- e%: Porcentaje caída de tensión.
- I: Intensidad nominal en amperios.
- L: Longitud del circuito en metros.
- V: Tensión en voltios.
- r: Resistencia en Ohm/Km.
- x: Inductancia en Ohm/Km.
- cos  $\varphi$ : Factor de potencia de la carga.

Valores de resistencia e inductancia obtenidos del fabricante seleccionado para los conductores:

Sección conductor Al / pantalla Cu (mm <sup>2</sup> )	Diámetro nominal sobre aislamiento (1) (mm)	Diámetro nominal exterior (1) (mm)	Peso (1) (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (1) (mm)	Intensidad máx. admisible al aire (2) (A)	Intensidad máx. admisible directamente enterrado (2) (A)	Intensidad máx. admisible bajo tubo enterrado (2) (A)	Resistencia en corriente continua a 20 °C ( $\Omega$ /km)	Resistencia en corriente alterna a 105 °C ( $\Omega$ /km)	Reactancia a 50 Hz ( $\Omega$ /km)	Capacidad ( $\mu$ F/km)
1X50/16 *	18,0	26,2	790	393	180	145	135	0,641	0,847	0,134	0,216
1X95/16	20,8	29,0	980	435	275	215	200	0,320	0,430	0,119	0,281
1X150/16 *	23,5	32,0	1205	480	360	275	255	0,206	0,277	0,112	0,329
1X240/16 *	27,6	36,1	1570	542	495	365	345	0,125	0,168	0,103	0,402
1X400/16 *	32,8	41,4	2115	621	660	470	450	0,0778	0,105	0,097	0,480
1X500/16	36,2	44,5	2625	668	775	540	515	0,0605	0,089	0,093	0,558
1X630/16 *	40,8	49,4	3075	741	905	615	590	0,0469	0,066	0,091	0,602

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.1 \cdot 108.24 \cdot 109}{20000} (0.43 \cdot \cos 0.8 + 0.119 \cdot \sin 0.6) = 0.044 \%$$

#### Subtramo 4: inversores 7-8 a celdas conexión red

A la salida de las celdas de los inversores 7-8 a máxima potencia tenemos las siguientes características:

$$V_{S-inv7-8} = 20 \text{ KV}$$

$$I_{S-inv7-8} = 144.32 \text{ A}$$

Intensidad máxima

De la misma forma se dimensionará el cable para una intensidad 125% a la intensidad a máxima potencia de salida del transformador:

$$I_{125\%} = I_{inv7-8} \cdot 1.25 = 120.28 \cdot 1.25 = 180.4 \text{ A}$$

Según el catálogo para tensión de 20 KV podemos utilizar sección de 95 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Como ya hemos comentado antes, la distancia máxima en este tramo sería de 3 metros máximo por lo tanto caída de tensión es prácticamente despreciable, aun así, dicha caída de tensión sería la siguiente:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.1 \cdot I \cdot L}{V} (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi)$$

Donde:

- e%: Porcentaje caída de tensión.
- I: Intensidad nominal en amperios.
- L: Longitud del circuito en metros.
- V: Tensión en voltios.
- r: Resistencia en Ohm/Km.
- x: Inductancia en Ohm/Km.
- cos  $\varphi$ : Factor de potencia de la carga.

Valores de resistencia e inductancia obtenidos del fabricante seleccionado para los conductores:

Sección conductor Al / pantalla Cu (mm <sup>2</sup> )	Diámetro nominal sobre aislamiento (1) (mm)	Diámetro nominal exterior (1) (mm)	Peso (1) (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (1) (mm)	Intensidad máx. admisible al aire (2) (A)	Intensidad máx. admisible directamente enterrado (2) (A)	Intensidad máx. admisible bajo tubo enterrado (2) (A)	Resistencia en corriente continua a 20 °C ( $\Omega$ /km)	Resistencia en corriente alterna a 105 °C ( $\Omega$ /km)	Reactancia a 50 Hz ( $\Omega$ /km)	Capacidad ( $\mu$ F/km)
1X50/16 *	18,0	26,2	790	393	180	145	135	0,641	0,847	0,134	0,216
1X95/16	20,8	29,0	980	435	275	215	200	0,320	0,430	0,119	0,281
1X150/16 *	23,5	32,0	1205	480	360	275	255	0,206	0,277	0,112	0,329
1X240/16 *	27,6	36,1	1570	542	495	365	345	0,125	0,168	0,103	0,402
1X400/16 *	32,8	41,4	2115	621	660	470	450	0,0778	0,105	0,097	0,480
1X500/16	36,2	44,5	2625	668	775	540	515	0,0605	0,089	0,093	0,558
1X630/16 *	40,8	49,4	3075	741	905	615	590	0,0469	0,066	0,091	0,602

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.1 \cdot 144.32 \cdot 4}{20000} (0.43 \cdot \cos 0.8 + 0.119 \cdot \sin 0.6) = 0.0022 \%$$

Obteniendo una caída de tensión total en todo el tramo de corriente alterna de 0.1327 %



## 2.8- Cálculo de la puesta a tierra

Para el cálculo de la puesta a tierra se procederá al dimensionamiento propuesto en el MIE-RAT13. (Society, 2017)

Para la instalación se realizará una única tierra para toda la instalación tanto para el lado de baja tensión como el de media tensión.

Los pasos para seguir para el cálculo serán los siguientes:

1. Investigación de las características del suelo.
2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto.
3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.
4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
5. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.
6. Comprobar que las tensiones de paso y contacto calculadas en los puntos 5 y 6 son inferiores a los valores máximos definidos por las ecuaciones (2) y (3).
7. Investigación de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, railes, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos, y estudio de las formas de eliminación o reducción.
8. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.



### 2.8.1- Investigación de las características del suelo

Dadas las características de la zona donde se ha propuesto la instalación se trata de terrenos de arena arcillosa. Dada la tabla 1 de la MIE-RAT13:

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHMIOS METRO	
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30	
Limo	20 a	100
Humus	10 a	150
Turba húmeda	5 a	100
Arcilla plástica		50
Margas y arcillas compactas	100 a	200
Margas del jurásico	30 a	40
Arena arcillosa	50 a	500
Arena silícea	200 a	3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a	500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a	3000
Calizas blandas	100 a	300
Calizas compactas	1000 a	5000
Calizas agrietadas	500 a	1000
Pizarras	50 a	300
Rocas de mica y cuarzo		800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a	10000
Granitos y gres muy alterados	100 a	600
Hormigón	2000 a	3000
Balasto o grava	3000 a	5000

Tabla 12: Resistividad del terreno

Podemos determinar que la resistividad el terreno se corresponde en el intervalo de 50 a 500 Ohm.m. Para nuestro cálculo tomaremos una resistividad del terreno de 300 Ohm.m.

### 2.8.2- Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto.

En nuestra instalación estarán presente diversas estructuras metálicas como pueden ser la estructura de sujeción de los paneles solares o las propias bandejas donde se instalan los conductores tanto de baja como de media tensión. Siendo así la corriente de defecto dependerá de la impedancia de puesta a tierra.

Siendo nuestra instalación de 20KV máximo, se trata de instalación de tercera categoría ya que se encuentra por debajo de 30 KV. Por lo tanto, la instalación de puesta a tierra será Zig-Zag 1000 A.

Una vez determinada la corriente máxima de corriente de defecto, debemos determinar el tiempo de eliminación de la corriente de fuga:

$$t = \frac{400}{I_D} = \frac{400}{500} = 0.8 \text{ s}$$

### 2.8.3- Diseño preliminar de la instalación de tierra.

La tensión máxima de contacto que se puede producir en la instalación es la siguiente:

$$V_{ca} = \frac{K}{t^n} = \frac{72}{0.8^1} = 90 \text{ V}$$

Siendo K=72 y n=1, para tiempos inferiores a 0.9 segundos.

### 2.8.4- Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Según el ITC Complementario MIE-RAT 13:

“Los conductores empleados en las líneas de tierra tendrán una resistencia mecánica adecuada y ofrecerán una elevada resistencia a la corrosión. Su sección será tal, que la máxima corriente que circule por ellos en caso de defecto o de descarga atmosférica no lleve a estos conductores a una temperatura cercana a la de fusión, ni ponga en peligro sus empalmes y conexiones.

A efectos de dimensionado de las secciones, el tiempo mínimo a considerar para duración del defecto a la frecuencia de la red será de un segundo, y no podrán superarse las siguientes densidades de corriente:

Cobre: 160A/mm

Acero: 60A/mm

Sin embargo, en ningún caso se admitirán secciones inferiores a 25 mm en el caso de cobre y 50 mm en el caso del acero.”

Una vez conocidas estas restricciones se determinará la intensidad máxima de defecto es la siguiente:

$$S \geq \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k} = \frac{\sqrt{500^2 \cdot 0.8}}{160} = 2.81 \text{ mm}^2$$

Ya que la sección mínima es de 25 mm<sup>2</sup>, se optará por dicha sección.

Una vez definida la sección se debe obtener la resistencia del sistema:

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{L} = \frac{250}{4 \cdot 55} + \frac{250}{558} = 1.5844 \Omega$$

Donde:

r: radio correspondiente a una circunferencia que abarque la misma superficie de la malla.

$\rho$ : conductividad del terreno.

L: longitud de la malla.

Tensiones de paso y contacto:

$$U_c = U_a \cdot \left(1 + \frac{\left(\frac{R_{a1}}{2}\right) + 1.5 \cdot \rho}{1000}\right)$$

$$U_p = 10 \cdot U_a \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho}{1000}\right)$$

Donde:

$U_{ca}$ : tensión de contacto aplicada. Valor utilizado 140 V para una duración de corriente de falta de 0.8 segundos.

$R_{a1}$ : resistencia del calzado. Valor utilizado 2000  $\Omega$

Con estos datos podemos obtener los siguientes resultados:

$$U_c = U_a \cdot \left(1 + \frac{\left(\frac{R_{a1}}{2}\right) + 1.5 \cdot \rho}{1000}\right) = 140 \cdot \left(1 + \frac{\left(\frac{2000}{2}\right) + 1.5 \cdot 250}{1000}\right) = 332.5 \text{ V}$$

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho}{1000}\right) = 10 \cdot 140 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 250}{1000}\right) = 9100 \text{ V}$$

Con los resultados obtenidos podemos determinar que el sistema es correcto ya que la tensión de contacto es superior a la tensión de contacto aplicada.

Por lo tanto, la resistencia necesaria en nuestra instalación será la siguiente:

$$U_p = I_D \cdot R_t \rightarrow R_t = \frac{332.5}{500} = 0.665 \Omega$$

Como instalación provisional se ha previsto 6 picas a lo largo de la malla con dimensiones normalizada de 1.5 m de longitud y de 14 mm de diámetro.

A continuación, vamos a realizar la deducción de las tensiones de contacto y de paso teóricas según la propuesta inicial. Deducciones obtenidas de la norma IEEE 80-2000.

$$U_{ct} = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_g}{L_m}$$

Donde:

$\rho$ : resistividad del terreno.

$K_m$ : Factor geométrico de Sverak.

$K_i$ : Factor de irregularidad.

$I_g$ : Intensidad de defecto.

$L_m$ : Longitud de la malla incluyendo las picas.

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[ \ln \left( \left( \frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} \right) + \frac{(D + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{K_i}{K_h} \cdot \ln \left( \frac{8}{\pi \cdot (2n - 1)} \right) \right]$$

Donde:

D: Distancia media entre los conductores enterrados en paralelo, valor tomado 31 m.

h: Profundidad a la que se encuentran enterrados los conductores, valor tomado 1 m.

d: diámetro de las picas, valor tomado 0.014 m.

$K_{ii}$ : Factor de profundidad, valor tomado 1.

$K_n$ : Factor de profundidad de la malla, valor tomado  $\sqrt{2}$ .

$n$ : Número de conductores en paralelo efectivos, valor tomado 3.5.

Con los anteriores datos no da un resultado de  $K_m=1.25$

$$K_i = 0.644 + 0.148 \cdot n = 0.644 + 0.148 \cdot 3.5 = 1.162$$

$$L_m = L_c + [1.55 + 1.22 \cdot (\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}})] \cdot L_R$$

Donde:

$L_r$ : longitud de cada pica, valor tomado 1.5m.

$L_R$ : longitud total de todas las picas, valor tomado 9m.

$L_x$  y  $L_y$ : máxima longitud de malla en cada dirección, valor tomado 41.7 y 116.1 m. respectivamente.

Con los anteriores datos obtenemos un resultado de:  $L_m=572.08$  m

Con todo lo anterior descrito ya podemos realizar el cálculo de la tensión teórica de contacto:

$$U_{ct} = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_g}{L_m} = \frac{250 \cdot 1.25 \cdot 1.162 \cdot 500}{572.08} = 317.37 \text{ V}$$

Por lo tanto, con esta configuración  $U_{ct} < U_c \rightarrow 317.3 < 332.5$  Es correcta la instalación

Con esta configuración llegamos a una resistencia de la instalación:

$$U_{ct} = I_g \cdot R_i \rightarrow R_i = \frac{317.37}{500} = 0.6347 \Omega$$

Para terminar de confirmar la propuesta de la instalación, vamos a comprobar la tensión de paso teórica:

$$U_{pt} = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_g}{L_s}$$

Donde:

$K_s$ : Factor de geometría de la malla.

$L_s$ : Longitud total de conductor enterrado.

$$K_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{Dh} + \frac{1}{D} \cdot (1 - 0.5^{n-2}) \right] = 0.176$$

$$L_s = 0.75 \cdot L_c + 0.85 \cdot L_R = 426.15$$

$$U_{pt} = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_g}{L_s} = \frac{250 \cdot 0.176 \cdot 1.162 \cdot 500}{426.15} = 59.95 \text{ V}$$

Por lo tanto, con esta configuración  $U_{pt} < U_p \rightarrow 59.95 < 9100 \text{ V}$  Es correcta la instalación.



## 2.9- Estudio Pvsyst



Version 7.2.15

### PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: TFG

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 4104 kWp

Antequera - España



Author



Project: TFG

Variant: Nueva variante de simulación

**PVsyst V7.2.15**

VCO, Simulation date:  
11/06/22 11:51  
with v7.2.15

**Project summary**

<b>Geographical Site</b>		<b>Situation</b>		<b>Project settings</b>	
Antequera		Latitude	37.06 °N	Albedo	0.20
España		Longitude	-4.62 °W		
		Altitude	406 m		
		Time zone	UTC+1		
<b>Meteo data</b>					
Antequera					
Meteonorm 8.0 (1996-2017), Sat=100% - Sintético					

**System summary**

<b>Grid-Connected System</b>		<b>No 3D scene defined, no shadings</b>			
Simulation for year no 10					
<b>PV Field Orientation</b>		<b>Near Shadings</b>		<b>User's needs</b>	
Fixed plane		No Shadings		Unlimited load (grid)	
Tilt/Azimuth		30 / 0 °			
<b>System information</b>					
<b>PV Array</b>					
Nb. of modules	7200 units	<b>Inverters</b>		Nb. of units	8 units
Pnom total	4104 kWp	Pnom total	4080 kWac	Pnom ratio	1.006

**Results summary**

Produced Energy	6 GWh/year	Specific production	1582 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	77.24 %
-----------------	------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6





Project: TFG

Variant: Nueva variante de simulación

**PVsyst V7.2.15**

VCO, Simulation date:  
11/06/22 11:51  
with v7.2.15

General parameters		
<b>Grid-Connected System</b>	<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b>	<b>Sheds configuration</b>	<b>Models used</b>
<b>Orientation</b>	No 3D scene defined	Transposition Perez
Fixed plane		Diffuse Perez, Meteonom
Tilt/Azimuth 30 / 0 °		Circumsolar separate
<b>Horizon</b>	<b>Near Shadings</b>	<b>User's needs</b>
Free Horizon	No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics			
<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer Generic		Manufacturer Generic	
Model JKM570M-7RL4-V		Model Ingecon Sun 500TL X400 DCAC Outdoor	
(Custom parameters definition)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power 570 Wp		Unit Nom. Power 510 kWac	
Number of PV modules 7200 units		Number of inverters 8 units	
Nominal (STC) 4104 kWp		Total power 4080 kWac	
Modules 480 Strings x 15 In series		Operating voltage 578-820 V	
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Phom ratio (DC:AC) 1.01	
Pmpp 3745 kWp			
U mpp 607 V			
I mpp 6174 A			
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC) 4104 kWp		Total power 4080 kWac	
Total 7200 modules		Number of inverters 8 units	
Module area 19685 m <sup>2</sup>		Phom ratio 1.01	

Array losses								
<b>Array Soiling Losses</b>	<b>Thermal Loss factor</b>	<b>DC wiring losses</b>						
Loss Fraction 3.0 %	Module temperature according to irradiance	Global array res. 1.6 mΩ						
	Uc (const) 20.0 W/m <sup>2</sup> K	Loss Fraction 1.5 % at STC						
	Uv (wind) 0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s							
<b>Serie Diode Loss</b>	<b>LID - Light Induced Degradation</b>	<b>Module Quality Loss</b>						
Voltage drop 0.7 V	Loss Fraction 2.0 %	Loss Fraction -0.5 %						
Loss Fraction 0.1 % at STC								
<b>Module mismatch losses</b>	<b>Strings Mismatch loss</b>	<b>Module average degradation</b>						
Loss Fraction 2.0 % at MPP	Loss Fraction 0.1 %	Year no 10						
		Loss factor 0.4 %/year						
		<b>Mismatch due to degradation</b>						
		Imp RMS dispersion 0.4 %/year						
		Vmp RMS dispersion 0.4 %/year						
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



Project: TFG

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.15

VC0, Simulation date:  
11/06/22 11:51  
with v7.2.15

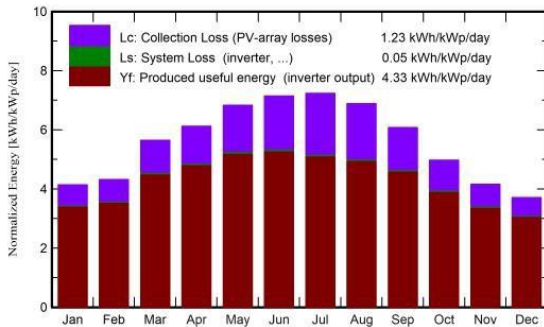
Main results

System Production

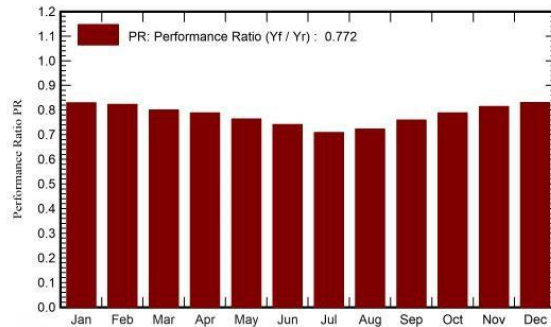
Produced Energy 6 GWh/year

Specific production 1582 kWh/kWp/year  
Performance Ratio PR 77.24 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray GWh	E_Grid GWh	PR ratio
January	79.6	28.20	6.37	128.2	122.4	0.441	0.436	0.829
February	88.7	40.59	8.07	120.8	115.4	0.413	0.408	0.824
March	142.8	50.71	11.37	175.0	166.5	0.581	0.575	0.800
April	171.3	65.84	14.22	183.8	174.5	0.602	0.595	0.789
May	217.2	67.53	18.72	211.7	200.4	0.671	0.664	0.764
June	229.7	70.11	23.98	214.4	202.9	0.660	0.653	0.742
July	236.6	59.73	27.04	224.3	212.3	0.659	0.652	0.709
August	206.1	66.59	26.63	213.5	202.5	0.640	0.633	0.722
September	155.5	54.79	21.50	182.3	173.4	0.574	0.568	0.759
October	116.1	45.33	16.83	154.2	147.1	0.505	0.499	0.789
November	82.1	31.88	10.23	124.9	119.1	0.422	0.417	0.815
December	69.1	25.76	7.18	115.0	109.8	0.397	0.392	0.831
Year	1794.8	607.05	16.06	2048.1	1946.3	6.566	6.492	0.772

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

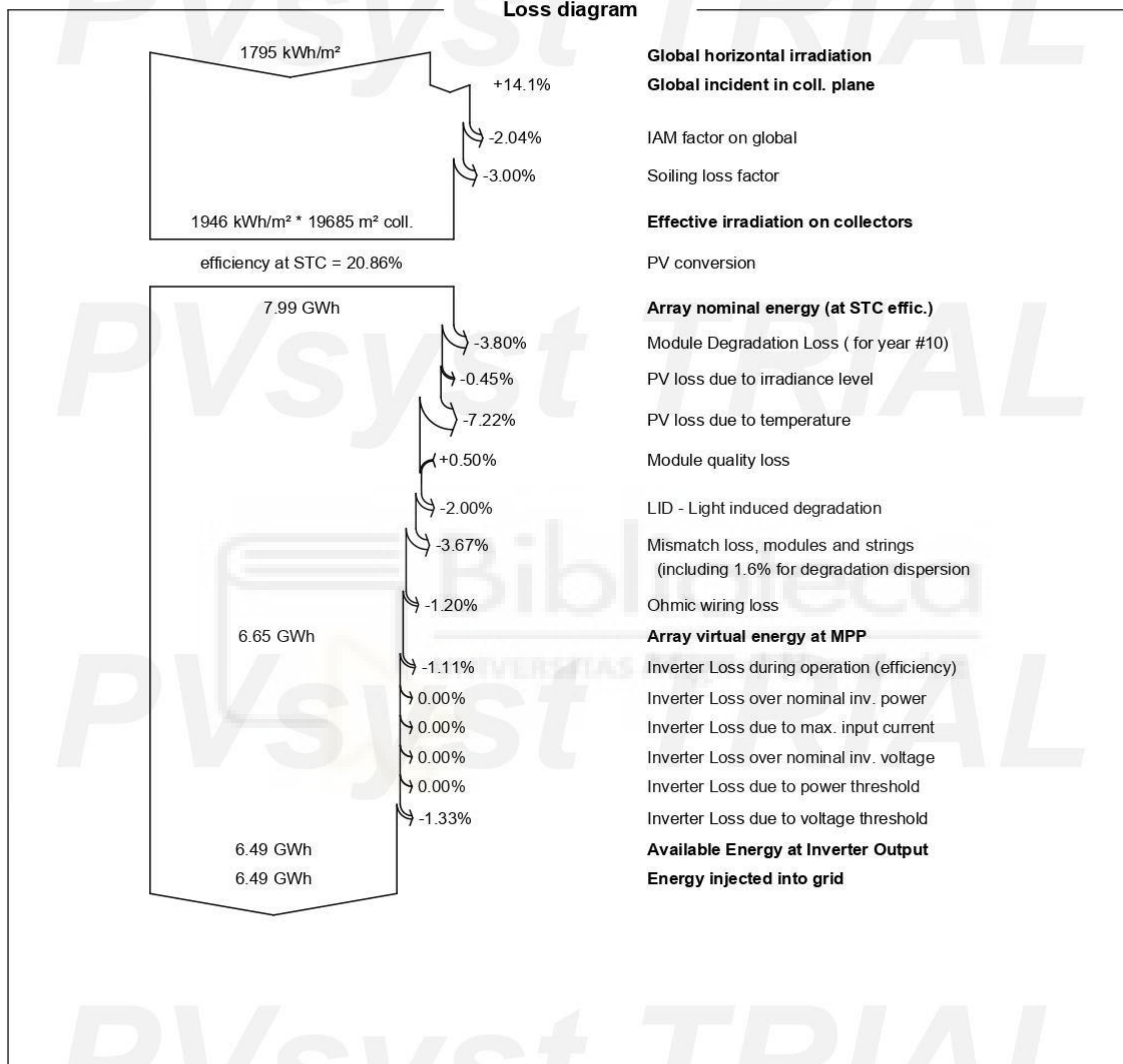


Project: TFG

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.15

VCO, Simulation date:  
11/06/22 11:51  
with v7.2.15





Project: TFG

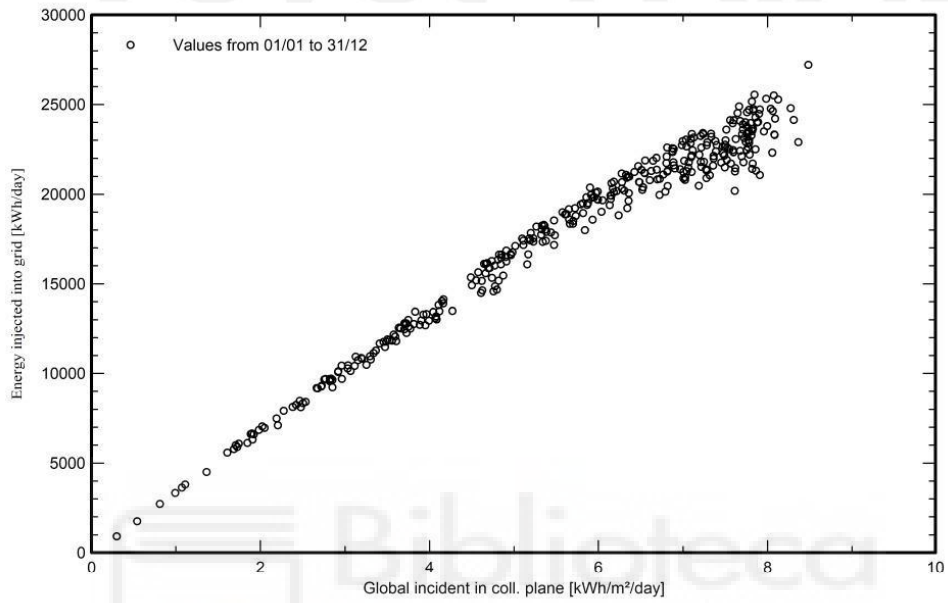
Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.15

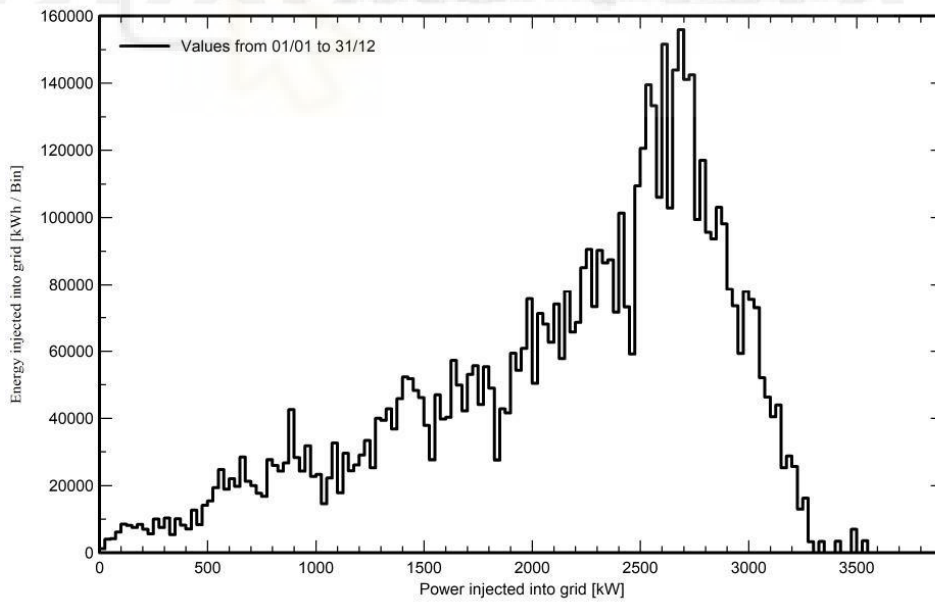
VC0, Simulation date:  
11/06/22 11:51  
with v7.2.15

Special graphs

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema



## 2.10- Estudio rentabilidad

Para hacer una estimación de la rentabilidad de la instalación debemos obtener una valoración de los ingresos obtenidos por la generación de la energía. A estos ingresos se ha tenido en cuenta unos gastos de mantenimiento de la planta del 5% de dicha producción, derivados en necesidades como limpieza de los paneles fotovoltaicos, software del sistema de monitorización y mantenimiento preventivo de todos los sistemas.

También se ha tenido en cuenta la degradación anual de los paneles tal como indica el fabricante a parte de las demás pérdidas de rendimiento ya tenidas en cuenta en el estudio del pvsyst.

Por lo tanto, para la estimación de energía generada se tomará la energía prevista por cada mes del pvsyst y se restará el porcentaje de degradación de los paneles en los años siguientes a la puesta en marcha de la instalación.

En cuanto al precio obtenido por esa generación vamos a tomar el precio fijado la Orden TED/171/2020, de 24 de febrero, del Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico por la que se actualiza la tasa de rentabilidad razonable para el próximo periodo regulatorio, se aprueba el precio de mercado estimado y se aprueban los parámetros retributivos ( $R_{inv}$  y  $R_o$ ) que serán de aplicación al semiperiodo regulatorio que tiene su inicio en enero de 2020 hasta 31 de diciembre de 2022.

Por consiguiente, se tomarán los 3 años anteriores a 2022.

Obteniendo los siguientes valores de mercado:

Año	Precio €/MWh
2022	48.82 €
2021	52.12 €
2020	54.42 €

Tabla 13: Precios fijado de venta de energía

Para el cálculo se ha previsto de una estimación de 15 años en lo que se generaría la siguiente cantidad de energía cada año siguiendo lo previsto el estudio de pvsyst:

<b>Año</b>	<b>Energía MWh</b>
<b>1</b>	6492
<b>2</b>	6456
<b>3</b>	6421
<b>4</b>	6385
<b>5</b>	6349
<b>6</b>	6313
<b>7</b>	6278
<b>8</b>	6242
<b>9</b>	6206
<b>10</b>	6171
<b>11</b>	6135
<b>12</b>	6099
<b>13</b>	6064
<b>14</b>	6028
<b>15</b>	5992

Tabla 14: Estimación energía generada en 15 años

Con lo que queda una generación económica de la energía de:

<b>Año</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Total Neto</b>
<b>0</b>			-3.025.656,92 €
<b>1</b>	337.409,36 €	16.870,47 €	320.538,89 €
<b>2</b>	335.553,61 €	16.777,68 €	318.775,92 €
<b>3</b>	333.697,85 €	16.684,89 €	317.012,96 €
<b>4</b>	331.842,10 €	16.592,11 €	315.250,00 €
<b>5</b>	329.986,35 €	16.499,32 €	313.487,03 €
<b>6</b>	328.130,60 €	16.406,53 €	311.724,07 €
<b>7</b>	326.274,85 €	16.313,74 €	309.961,11 €
<b>8</b>	324.419,10 €	16.220,95 €	308.198,14 €
<b>9</b>	322.563,34 €	16.128,17 €	306.435,18 €
<b>10</b>	320.707,59 €	16.035,38 €	304.672,21 €
<b>11</b>	318.851,84 €	15.942,59 €	302.909,25 €
<b>12</b>	316.996,09 €	15.849,80 €	301.146,29 €
<b>13</b>	315.140,34 €	15.757,02 €	299.383,32 €
<b>14</b>	313.284,59 €	15.664,23 €	297.620,36 €
<b>15</b>	311.428,84 €	15.571,44 €	295.857,39 €

Tabla 15: Estimación valor de la energía generada en 6 años

Para contractar estos resultados con respecto a la inversión detallada en el presupuesto, se utilizarán las siguientes expresiones de VAN (indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto) y TIR (Tasa Interna de Retorno):

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0 \qquad TIR = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = 0$$

Obteniendo los siguientes resultados:

<b>VAN</b>	189.852,62 €
<b>TIR</b>	5,93%

Tabla 16: Resultados VAN y TIR

Al tener un valor de VAN positivo podemos concluir que la inversión de la instalación es recuperada y obtenido un beneficio de euros 189.852,62 €.

En este mismo periodo la tasa de retorno se sitúa en un 5.93 % con lo que si analizamos el estudio para una cantidad de años superior este porcentaje se verá también incrementado teniendo en cuenta que este tipo de instalaciones tienen una vida útil de más de 25 años.

### 3- Planificación proyecto

Para la planificación del proyecto se ha tenido en cuenta todas las tareas a realizar manteniendo un margen para imprevisto que puedan surgir durante todo el proceso de instalación.

Se han tenido 7 grupos principales para la ejecución:

1. Ingeniería
2. Acondicionamiento
3. Obra civil
4. Montaje
5. Pruebas puesta en marcha
6. Seguridad y Salud
7. Gestión de residuos

Para todo ello se ha provisto un periodo de 10 meses para llevar a cabo la instalación y en pleno rendimiento.

A continuación, se detallará la organización de cada tarea a realizar:



Actividad	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
<b>1. Ingeniería</b>										
1.1 Dirección y supervisión de obra										
1.1 Dirección y supervisión de obra										
<b>2. Acondicionamiento</b>										
2.1 Accesos										
2.2 Desbroce, vallado y caminos										
<b>3. Obra civil</b>										
3.1 Construcción casetas										
3.2 Zanjas										
<b>4. Montaje</b>										
4.1 Hincado estructura módulos										
4.2 Montaje módulos										
4.3 Cableado módulos										
4.4 Centros de transformación y celdas										
4.5 Inversores y cajas DC										
4.6 Cableado BT										
4.7 Cableado MT										
4.8 Cableado Monitorización										
<b>5. Pruebas puesta en marcha</b>										
5.1 Pruebas mecánicas										
5.2 Puesta en marcha										
<b>6. Seguridad y salud</b>										
<b>7. Gestión de residuos</b>										

## 4- Estudio seguridad y salud

### 1- Antecedente, objeto y justificación

EL objeto de este estudio básico de seguridad y salud es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, del 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando las medidas a nivel técnico, necesarias para llevar a cabo la obra de la instalación con todas medidas de seguridad necesarias.

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud. Los supuestos previstos son los siguientes:

- El presupuesto de Ejecución por Contrata es superior a 450.760 €.
- La duración estimada de la obra es superior a 30 días o se emplea a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen de mano de obra estimada es superior a 500 trabajadores/día.
- Es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Al no darse ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D. 1627/1997 se redacta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud.

El Estudio Básico va dirigido a la eliminación de los riesgos laborales que pueden ser evitados y a la reducción y control de los que no pueden eliminarse totalmente con el fin de garantizar las mejores condiciones posibles de seguridad y salud para todo el personal que participe en la ejecución de las obras proyectadas.

De acuerdo con el artículo 7 del citado Real Decreto, el objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud es servir de base para que el contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

## **2- Condiciones ambientales**

Todos los trabajos se realizarán en ubicación asignada a la instalación. Por lo tanto, se comprobará la no existencia de alertas meteorológicas para la realización de trabajos a la intemperie.

## **3- Características generales de la obra**

En este punto se analizan con carácter general, las diferentes servidumbres o servicios que se deben tener perfectamente definidas y solucionadas antes del comienzo de las obras.

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si fuera posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado, en caso contrario, se dispondrá de medios que faciliten su evacuación o traslado a lugares específicos destinados para ello, de modo que no se agrega al medio ambiente.

El proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos se llevará a cabo conforme a las especificaciones y condiciones técnicas que al respecto establece el Proyecto al que se adjunta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud; dichas prescripciones quedarán complementadas, o en su caso modificadas, por las instrucciones que determine el Ingeniero Director de Obra que, en cualquier caso, deberán contar obligatoriamente con la aprobación y autorización expresa del Coordinador de Seguridad y Salud de la obra.

## **4- Procedimientos, equipos y medios**

Se seleccionan procedimientos, equipos y medios proporcionados en función de las características particulares de la obra y de las tecnologías disponibles de modo que se obtenga la máxima seguridad posible para los trabajadores que participen en la misma.

De conformidad con el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales se aplicarán los principios de acción preventiva y en particular las siguientes actividades:

- Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- Elección del emplazamiento de los puestos de trabajo teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento.
- La manipulación de los distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
- El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesario para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas (no existen en la obra que nos ocupa).
- La recogida de materiales peligrosos utilizados (en la presente obra no existen).
- El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y escombros.
- La adaptación, en función de la evolución de la obra, del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

## 5- Protecciones individuales

Casco*	Gafas para oxicorte.
Guantes de cuero.	Pantalla de seguridad para soldador.
Guantes de goma fina.	Mascarillas antipolvo.
Guantes de soldador.	Filtros para mascarillas.
Guantes dieléctricos.	Protectores auditivos.
Botas impermeables al agua y a la humedad.	Mandiles de soldador.
Botas de seguridad de lona (clase III).	Polainas de soldador.
Botas de seguridad de cuero (clase III).	Manguitos de soldador.
Botas dieléctricas.	Cinturón antivibratorio.
Monos o buzos.	Arnés de seguridad con sistema anticaídas.
Trajos de agua.	Línea de vida.
Gafas contra impactos y antipolvo.	

Tabla 17: Equipos de protección individual

## 6- Protecciones colectivas

Pórticos protectores de líneas eléctricas.	Cables de sujeción de cinturón de seguridad.
Vallas de limitación y protección.	Anclajes de cables.
Señales de tráfico.	Casetas de operadores de máquinas.
Señales de seguridad.	Limitadores de movimiento de grúas.
Cintas de balizamiento.	Anemómetros.
Topes de desplazamiento de vehículos.	Balizamiento luminoso.
Barandillas.	Extintores.
Redes.	Interruptores diferenciales.
Lonas.	Tomas y red de tierra.
Soportes y anclajes de redes, lonas.	Transformadores de seguridad.

Tabla 18: Equipos de protecciones colectivas

## 7- Formación

Todos los trabajadores deben adoptar la correspondiente formación para la realización del trabajo a llevar a cabo. Además de la correspondiente formación de prevención de riesgos laborales.

## 8- Riesgos laborales evitables completamente

La tabla siguiente contiene la relación de riesgos laborales que pudiendo presentarse en la obra, van a ser totalmente evitados mediante la adopción de las medidas técnicas que también se definen en el presente documento.

RIESGOS EVITABLES	MEDIDAS TÉCNICAS ADOPTADAS
Trabajos con presencia de tensión (media y baja tensión)	Corte del fluido, apantallamiento de protección, puesta a tierra y cortocircuito de los cables
Derivados de la rotura de instalaciones existentes	Neutralización de las instalaciones existentes

Tabla 19: Riesgos laborales

## 9- Riesgos laborales no evitables completamente

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera tabla se refiere a aspectos generales que afectan a la totalidad de la obra, y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse.

<b>RIESGOS</b>	
Caídas de operarios al mismo nivel.	
Caídas de operarios a distinto nivel.	
Caídas de objetos sobre operarios.	
Caídas de objetos sobre terceros.	
Choques o golpes contra objetos.	
Trabajos en condiciones de humedad.	
Contactos eléctricos directos e indirectos.	
Cuerpos extraños en los ojos.	
Sobreesfuerzos.	
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS</b>	<b>Grado</b>
Orden y limpieza en los lugares de trabajos.	Permanente.
Recubrimiento o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas B.T.	Permanente.
Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra).	Permanente.
No permanecer en el radio de acción de las máquinas.	Permanente.
Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento.	Permanente.
Señalización de la obra (señales y carteles).	Permanente.
Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia.	Alternativa al vallado.
Extintor de polvo seco, de eficacia 21A – 113B.	Permanente.
Evacuación de escombros.	Frecuente.
Escaleras auxiliares.	Ocasional.
Información específica.	Para riesgos concretos.
Cursos y charlas de formación.	Frecuente.
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS)</b>	<b>Empleo</b>
Cascos de seguridad.	Permanente.
Calzado protector.	Permanente.
Ropa de trabajo.	Permanente.
Ropa impermeable o de protección.	Con mal tiempo.
Gafas de seguridad.	Frecuente.
Línea de vida.	Permanente.
Arnés de seguridad.	Permanente.
Guantes para trabajos en tensión.	Permanente.
Elementos aislantes (Banqueta aislante, pértigas, etc).	Frecuente.

Tabla 20: Riesgos laborales permanentes

## 10- Riesgos laborales especiales

Los trabajos necesarios para el desarrollo de las obras definidas en el Proyecto de referencia y que implican un riesgo especial serán:

- Trabajos con riesgos especialmente graves de sepultamiento, hundimiento o caída de altura, por las particulares características de la

actividad desarrollada, los procedimientos aplicados o el entorno del puesto de trabajo.

- Trabajos en la proximidad de líneas eléctricas de alta y media tensión.
- Trabajos que requieran montar o desmontar elementos prefabricados pesados.

A continuación, se indican las medidas específicas que deben adoptarse para controlar y reducir los riesgos derivados de este tipo de trabajos.

**Estabilidad y solidez.** Los puestos de trabajo móviles o fijos situados por encima o por debajo del nivel del suelo serán sólidos y estables teniendo en cuenta el número de trabajadores que los ocupen, las cargas máximas y su distribución y los factores externos que pudieran afectarles. Si sus propios elementos no aseguran la estabilidad deberán adoptarse fijaciones apropiadas y seguras con el fin de evitar cualquier desplazamiento inesperado o involuntario.

**Caída de objetos.** Se establece como obligatorio el uso del casco para todos los trabajadores y personal de la obra, así como para toda aquella persona que visite la misma. Los materiales, equipos y herramientas deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su caída, desplome o vuelco.

**Caídas de altura.** Los andamios, pasarelas y plataformas en las que el riesgo de altura de caída sea superior a los 2,00 m irán equipados con barandillas resistentes de 0,90 m de altura equipadas con reborde de protección, pasamanos y protección intermedia. En los trabajos de montaje de estructura, cubiertas y otros se colocarán redes horizontales y línea de vida, y se utilizarán con carácter obligatorio, arnés de seguridad con sistema anticaídas. Todos los trabajadores deberán de estar unidos a la línea de vida en todo momento, cuando se encuentren trabajando sobre la cubierta del edificio.

**Factores atmosféricos:** Al objeto de proteger a los trabajadores se suspenderán los trabajos cuando las inclemencias atmosféricas sean tales que puedan comprometer su seguridad y su salud.

**Andamios.** Tendrán las condiciones de estabilidad y solidez anteriormente señaladas. Así mismo quedarán protegidos y utilizados de modo que se evite que las personas caigan o estén expuestas a las caídas de objetos. Los andamios móviles deberán asegurarse contra desplazamientos involuntarios.

Todos los andamios serán inspeccionados por personal competente antes de su puesta en servicio, a intervalos regulares en lo sucesivo y después de cualquier modificación, período de utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.

**Escaleras de mano.** Se cumplirá lo dispuesto en el Real Decreto 486/97 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.

**Aparatos elevadores y accesorios de izado.** Estarán a lo dispuesto en su normativa específica. No obstante, deberán ser de buen diseño y construcción y tener una resistencia suficiente para el uso al que están destinados, instalarse y utilizarse correctamente, mantenerse en buen estado de funcionamiento y ser anejados por trabajadores cualificados que hayan recibido la formación adecuada. Deberá colocarse en los propios aparatos y de manera visible la indicación de la carga máxima que admiten. Los aparatos elevadores y sus accesorios no podrán utilizarse para fines distintos de aquéllos a los que están destinados.

**Vehículos y maquinaria para manipulación de materiales.** Deberán ajustarse a su normativa específica. Si bien deberán estar diseñados y contruidos en la medida de lo posible en función de los principios de la ergonomía. Así mismo deberán mantenerse en buen estado de funcionamiento y utilizarse correctamente por personal capacitado. Con el fin de evitar caídas en las excavaciones o en el agua se dispondrán en el perímetro de éstas las correspondientes balizas, topes y señalizaciones. Los vehículos irán equipados con estructuras concebidas para proteger al conductor contra el aplastamiento en caso de vuelco y contra la caída de objetos.

**Instalaciones, máquinas y equipos.** Estarán a lo dispuesto en su normativa específica si bien deberán estar diseñados y contruidos, en la medida de lo posible, en función de los principios de la ergonomía. Así mismo deberán mantenerse en buen estado de funcionamiento y utilizarse correctamente por personal adecuadamente capacitado.

**Instalaciones de distribución de energía.** Deberán mantenerse y verificarse con regularidad. Las existentes antes del comienzo de la obra deben localizarse,



verificarse y señalizarse claramente. No se llevarán a cabo trabajos dentro del radio de 5 metros de cualquier tendido eléctrico aéreo; en su caso deberá procederse a dejar el tendido sin tensión. Se colocarán avisos o barreras para mantener a las personas y vehículos alejados de los tendidos eléctricos. En caso de que vehículos de la obra tuvieran que circular bajo un tendido eléctrico que no pueda dejarse sin tensión se utilizará señalización de advertencia y una protección de delimitación de altura de modo que se garantice en todo momento el alejamiento adecuado.

**Instalación eléctrica.** Se estará a lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico e Instrucciones MIE BT complementarias. Se adoptarán las protecciones pertinentes contra contactos directos e indirectos mediante las correspondientes protecciones diferenciales y de tierras. Así mismo se adoptarán las protecciones contra riesgo de incendio y explosión. Los dispositivos de protección deben ser acordes a las condiciones de suministro, potencia instalada y competencia de las personas que han de tener acceso a la instalación.

**Vías y salidas de emergencia.** Deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad. En caso de peligro, todos los lugares de trabajo podrán evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores. Las vías de salida específicas de emergencia quedarán señalizadas conforme al Real Decreto 485/97; la señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente para asegurar su duración durante toda la obra. Las vías de salida de emergencia, así como sus accesos y puertas no deben quedar obstruidas en ningún momento por objeto alguno, de forma que deben poder utilizarse sin trabas en cualquier momento. En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia deberán quedar equipadas con alumbrado de emergencia autónomo.

**Ventilación.** Las condiciones particulares de la obra hacen que no se requieran medidas concretas en relación con la ventilación; la disponibilidad de aire limpio en cantidad suficiente para los trabajadores queda asegurada en cualquier caso sin necesidad de adoptar ninguna medida específica.

**Ruido.** No se requieren medidas de protección colectiva dadas las condiciones particulares de la obra. Se facilitarán cascos de protección acústica para los trabajos de utilización de compresores neumáticos o equipos que así lo requieran.

**Polvo, gases y vapores.** No se requieren medidas de protección colectiva dadas las condiciones particulares de la obra. Para casos específicos se facilitarán a los trabajadores mascarillas para protección contra polvo; no se prevé que en la obra se produzcan riesgos de inhalación de gases, ni vapores, ni presencia de atmósferas peligrosas.

**Iluminación.** Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación en la obra dispondrán, en la medida de lo posible, de suficiente luz natural y tendrán iluminación artificial adecuada y suficiente; se utilizarán puntos de iluminación portátiles con protección antichoque. El color de la luz artificial no alterará la percepción de las señales o paneles de señalización. Los puntos de luz estarán colocados de forma que no suponga riesgo alguno para los trabajadores. Los locales, los lugares de trabajo y las vías de circulación en los que los trabajadores estén particularmente expuestos a riesgos en caso de avería de la iluminación artificial, deberán poseer una iluminación de seguridad de intensidad suficiente.

**Temperatura.** Será la adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, cuando las circunstancias los permitan, teniendo en cuenta los métodos de trabajo que se apliquen y de las cargas físicas impuestas a los trabajadores.

**Puertas y portones.** Las puertas correderas deberán ir provistas de un sistema de seguridad que impida salirse de los raíles y caerse. Las que se abran hacia arriba deberán ir provistas de un sistema de seguridad que les impida volver a bajarse. Las situadas en el recorrido de las vías de emergencia deberán estar señalizadas de modo adecuado. En las inmediaciones de los portones destinados a la circulación de vehículos deberán existir puertas para la circulación de peatones, salvo en caso de que el paso sea seguro para éstos. Dichas puertas deberán estar señalizadas de manera claramente visible y permanecer expeditas en todo momento. Las puertas mecánicas deberán funcionar sin riesgo de accidente para los trabajadores; deberán poseer

dispositivos de parada de emergencia fácilmente identificables y de fácil acceso y también deberán poder abrirse manualmente excepto si en caso de producirse una avería en el sistema de energía se abre automáticamente.

**Vías de circulación y zonas peligrosas.** No se prevé que en la obra existan zonas de acceso limitado. Las vías de circulación destinadas a vehículos se situarán a una distancia suficiente de las puertas, portones, pasos de peatones, corredores y escaleras.

**Muelles y rampas de carga.** Serán adecuados a las cargas transportadas. Los muelles deben tener al menos una salida y las rampas deberán ofrecer la seguridad de que los trabajadores no puedan caerse.

Espacio de trabajo. Las dimensiones del puesto de trabajo permitirán que los trabajadores dispongan de la suficiente libertad de movimientos para sus actividades, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material necesario.

**Primeros auxilios.** Las condiciones de la obra hacen que no sea exigible la existencia de local específico de primeros auxilios. No obstante, se adoptarán las medidas pertinentes para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina. Así mismo se dispondrá en la propia obra de un botiquín adecuadamente dotado con los productos al uso (algodón, gasas, agua oxigenada, alcohol, yodo, mercurio-cromo, "tiritas", etc.). Se deberá informar en la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.) donde transportar a los accidentados para darle su más rápido y efectivo tratamiento.

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

**Servicios higiénicos.** Los trabajadores deberán disponer en la propia obra de vestuarios, lavabos y retretes; los vestuarios contarán con taquillas y bancos. Serán utilizados por separado por hombres y mujeres.

**Locales de descanso.** Los trabajadores deberán poder disponer en la propia obra de un local con al menos una mesa y asientos con respaldo con capacidad para acoger a todos los trabajadores que simultáneamente estén presentes en el trabajo.

**Mujeres embarazadas y madres lactantes.** Deberán tener la posibilidad de descansar tumbadas en condiciones adecuadas.

**Trabajadores minusválidos.** Los lugares de trabajo deberán estar acondicionados teniendo en cuenta, en su caso, a los trabajadores minusválidos.

**Acceso a la obra y perímetro de la misma.** Estarán señalizados claramente visibles e identificables.

**Agua potable y bebida.** Los trabajadores deberán disponer en la obra de agua potable y, en su caso, de otra bebida apropiada no alcohólica en cantidad suficiente, tanto en los locales que ocupen como cerca de los puestos de trabajo. Se analizará el agua destinada al consumo de los trabajadores para garantizar su potabilidad, si no proviene de la red de abastecimiento de la población.

**Comidas.** Los trabajadores deberán disponer de instalaciones para poder comer y, en su caso, para preparar sus comidas en condiciones de seguridad y salud.

## **11- Condiciones de seguridad en instalaciones eléctricas**

Para los trabajos eléctricos, se consideran los siguientes riesgos más frecuentes:

- Contacto eléctrico directo e indirecto en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Contactos con elementos candentes y quemaduras.

Los trabajos en tensión deberán ser realizados por personal cualificado, no obstante, se tomarán las medidas preventivas y se utilizarán las protecciones colectivas e individuales necesarias.

Como medidas previas a la realización de trabajos, se suprimirán los reenganches automáticos si existen, y se prohibirá la puesta en servicio de la instalación en caso de desconexión, sin previa conformidad del responsable de

los trabajos. Se establecerá una comunicación con el lugar de trabajo que permita cualquier maniobra de urgencia que fuera necesaria.

Deberá existir en todo momento, coordinación con la empresa suministradora, de forma que estén bien definidas las maniobras a realizar. En caso de realizar trabajos en los que sea necesario que la Compañía Distribuidora deje sin tensión la instalación, ésta deberá informar por escrito a las partes implicadas en el trabajo, de que se han realizado las operaciones necesarias y que la instalación está sin tensión, indicando exactamente lugar y hora de la desconexión.

En todos los trabajos eléctricos en media tensión, se deberá seguir estrictamente el siguiente procedimiento (5 Reglas de Oro):

1. Seccionamiento de las instalaciones de la zona de trabajo. Cortar todas las posibles alimentaciones de alta y baja tensión de los elementos en los que haya que intervenir, utilizando al menos, casco, banqueta aislante, guantes aislantes y gafas protectoras. Desenergización el tramo mediante:
  - Apertura de los aparatos de maniobra (interruptores automáticos, reenganches automáticos, etc.).
  - Apertura VISIBLE de el/los seccionador/es correspondiente/s.
2. Enclavamiento o bloqueo (si es posible) de los aparatos de corte y señalización en los mandos de los aparatos de corte con un cartel que indique la prohibición de la maniobra.
3. Verificación de la ausencia de tensión en la red. Mediante un voltímetro adecuado para la red en la cual se está trabajando, se verificará que las tres fases están sin tensión, así como, en caso de existir, entre conductor neutro y tierra.
4. Colocar las puestas a tierra y en cortocircuito, aislando la zona de trabajo.
5. Señalizar la zona de trabajo. Si no se cumpliera alguna de las condiciones anteriores, los trabajos deberán ser interrumpidos inmediatamente, y no serán reestablecidos hasta el cumplimiento estricto de todos los procedimientos.

## 12- Valoración económica

Obra: Planta fotovoltaica 4MW						
Seguridad y Salud						
Presupuesto						
Código	Unidad	Prevención y formación	Cantidad	Precio unidad	Importe	628,38 €
1						
1.1	ud	Inspecciones e informes	4	32,80 €	131,20 €	
1.2	ud	Reuniones	1	180,69 €	180,69 €	
1.3	ud	Formación	1	316,49 €	316,49 €	
Código	Unidad	Protecciones colectivas	Cantidad	Precio unidad	Importe	7.794,60 €
2						
2.1	ud	Protectores líneas eléctricas	6	36,25 €	217,50 €	
2.2	ud	Vallas de limitación y protección	22	14,65 €	322,30 €	
2.3	ud	Señales de tráfico	14	3,60 €	50,40 €	
2.4	ud	Señales de seguridad	16	4,50 €	72,00 €	
2.5	m	Cintas de balizamiento	300	1,50 €	450,00 €	
2.6	ud	Topes de desplazamiento de vehículos	20	3,10 €	62,00 €	
2.7	ud	Barandillas	14	21,00 €	294,00 €	
2.8	m2	Redes	100	0,50 €	50,00 €	
2.9	m2	Lonas	400	0,90 €	360,00 €	
2.10	ud	Soportes y anclajes de redes, lonas	60	8,90 €	534,00 €	
2.11	ud	Cables de sujeción de cinturón de seguridad	15	4,60 €	69,00 €	
2.12	ud	Anclajes de cables	150	3,65 €	547,50 €	
2.13	ud	Casetas de operadores de máquinas	2	1.200,00 €	2.400,00 €	
2.14	ud	Limitadores de movimiento de grúas	8	2,60 €	20,80 €	
2.15	ud	Anemómetros	1	39,40 €	39,40 €	
2.16	ud	Balizamiento luminoso	6	16,35 €	98,10 €	
2.17	ud	Extintores	4	125,00 €	500,00 €	
2.18	ud	Interruptores diferenciales	30	26,97 €	809,10 €	
2.19	ud	Tomas y red de tierra	10	29,85 €	298,50 €	
2.20	ud	Transformadores de seguridad	3	200,00 €	600,00 €	
Código	Unidad	Protecciones individuales	Cantidad	Precio unidad	Importe	3.492,76 €
3						
3.1	ud	Casco	20	5,60 €	112,00 €	
3.2	ud	Guantes de cuero.	20	3,10 €	62,00 €	
3.3	ud	Guantes de goma fina.	20	2,60 €	52,00 €	
3.4	ud	Guantes de soldador.	10	8,50 €	85,00 €	
3.5	ud	Guantes dieléctricos.	15	15,23 €	228,45 €	
3.6	ud	Botas impermeables al agua y a la humedad.	8	12,60 €	100,80 €	
3.7	ud	Botas de seguridad de lona (clase III).	12	18,90 €	226,80 €	
3.8	ud	Botas de seguridad de cuero (clase III).	20	36,47 €	729,40 €	
3.9	ud	Botas dieléctricas.	5	46,97 €	234,85 €	
3.10	ud	Monos o buzos.	20	26,34 €	526,80 €	
3.11	ud	Trajes de agua.	5	35,28 €	176,40 €	
3.12	ud	Gafas contra impactos y antipolvo.	20	2,80 €	56,00 €	
3.13	ud	Gafas para oxicorte.	10	6,90 €	69,00 €	
3.14	ud	Mascarillas antipolvo.	20	0,60 €	12,00 €	
3.15	ud	Filtros para mascarillas.	40	0,26 €	10,40 €	
3.16	ud	Protectores auditivos.	20	5,80 €	116,00 €	
3.17	ud	Manguitos de soldador.	3	8,74 €	26,22 €	
3.18	ud	Arnés de seguridad con sistema anticaídas.	12	34,67 €	416,04 €	
3.19	ud	Línea de vida.	3	84,20 €	252,60 €	
Código	Unidad	Instalaciones de higiene y primeros auxilios	Cantidad	Precio unidad	Importe	8.622,50 €
4						
4.1	Meses	Alquiler Caseta oficina	10	489,63 €	4.896,30 €	
4.2	Meses	Alquiler Caseta aseos y vestuarios	10	356,70 €	3.567,00 €	
4.3	1	Botiquín	1	159,20 €	159,20 €	
<b>Total</b>						<b>20.538,24 €</b>

Tabla 21: Valoración económica



---

PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA 4MW  
TRABAJO FIN DE GRADO

---

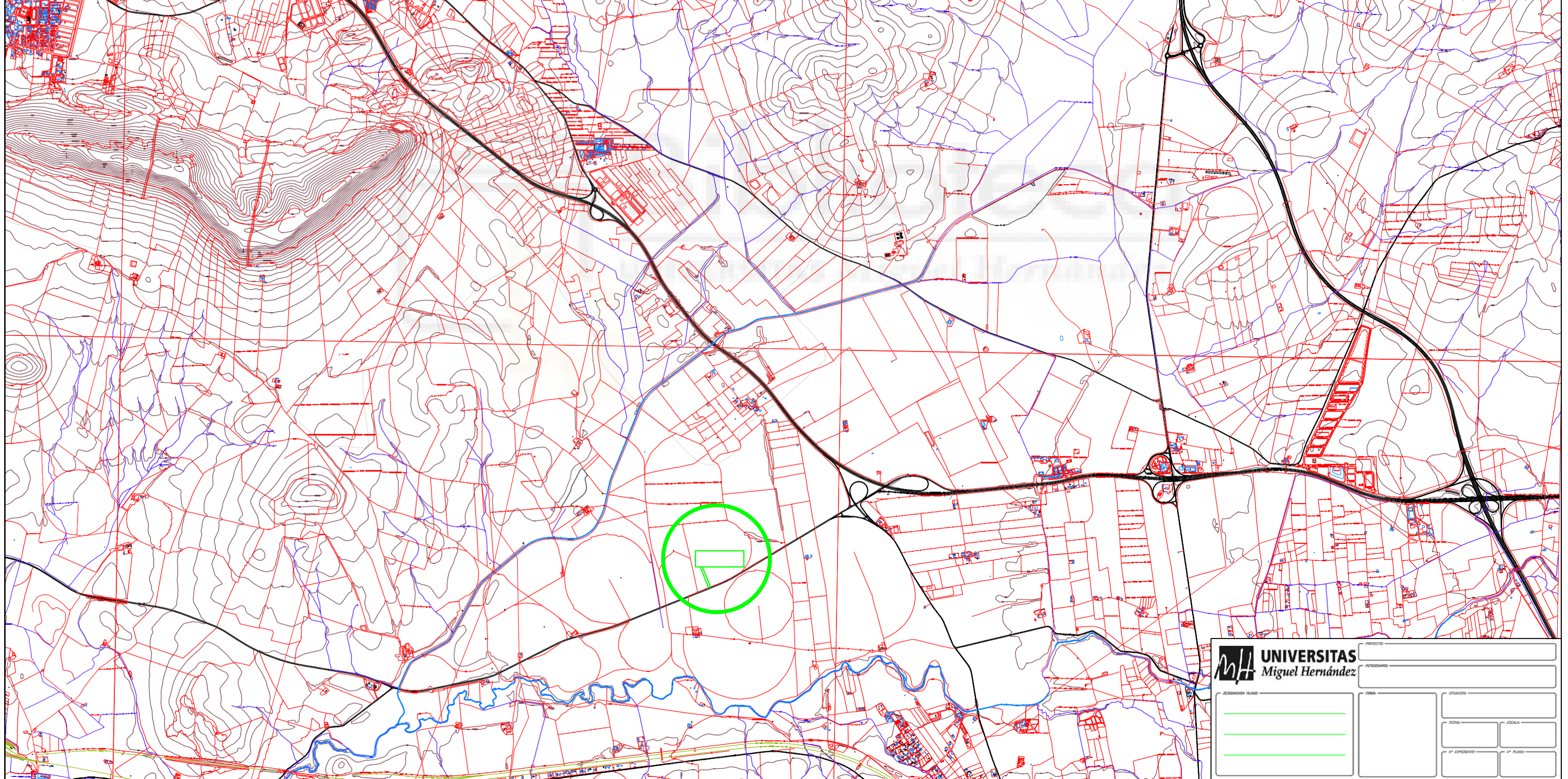
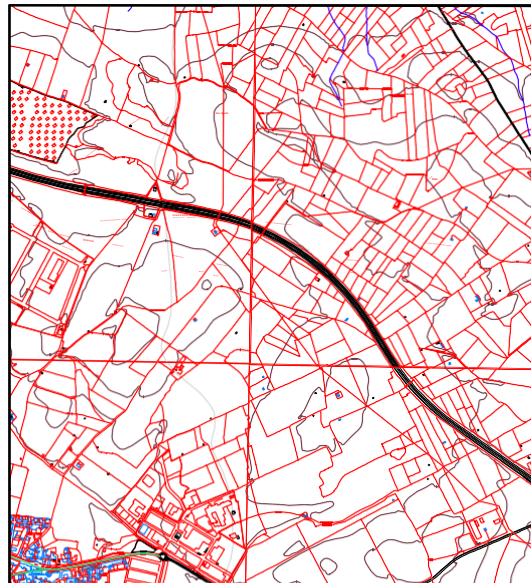
DOCUMENTO II: PLANOS

## Índice Documento II: Planos

PLANOS.....	89
1- Situación y emplazamiento .....	89
2- -Descripción planta .....	90
3- Strings.....	91
4- Conexión DC.....	92
5- Tierra .....	93
6- Conexión celdas .....	94
7- Distribución zanjas.....	95
8- Detalle zanjas .....	96
9- Casetas.....	97
9.1- Caseta inversores 1-2 .....	97
9.2- Caseta inversores 3-4.....	98
9.3- Caseta inversores 5-6 .....	99
9.4- Caseta inversores 7-8 .....	100
9.5- Caseta conexión a red.....	101
10- Detalle DCBox .....	105
11- Esquema unifilar .....	106
12- Esquema monitorización .....	107







**UNIVERSITAS Miguel Hernández**

PROYECTO: \_\_\_\_\_

PERIODO: \_\_\_\_\_

RESERVA PLAZA: \_\_\_\_\_

PLAZA: \_\_\_\_\_

SITUACION: \_\_\_\_\_

ESCALA: \_\_\_\_\_

Nº EXPEDIENTE: \_\_\_\_\_

Nº PLANO: \_\_\_\_\_

Inversor 1

Inversor 2

Inversor 3

Inversor 4

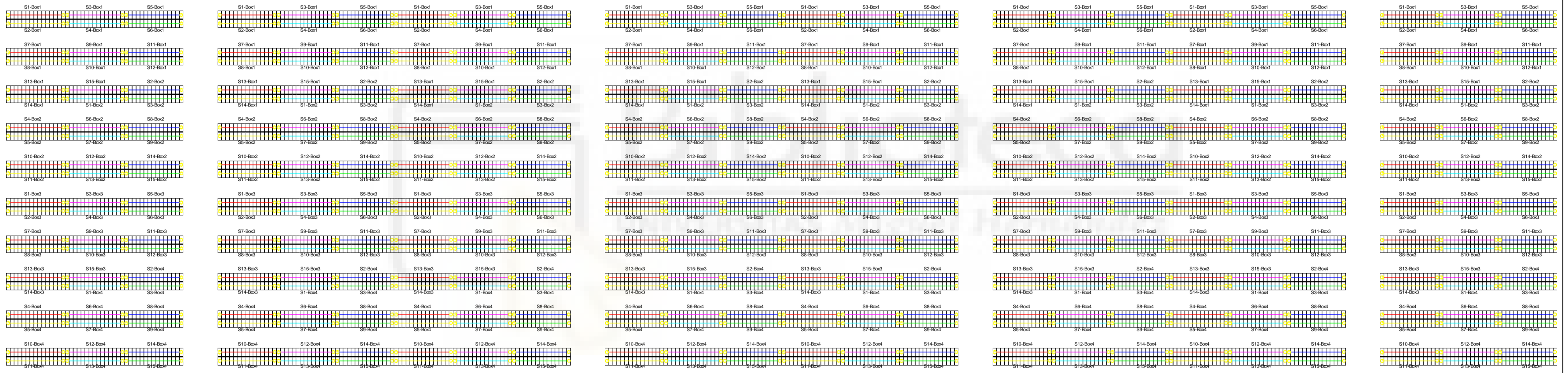
Inversor 5

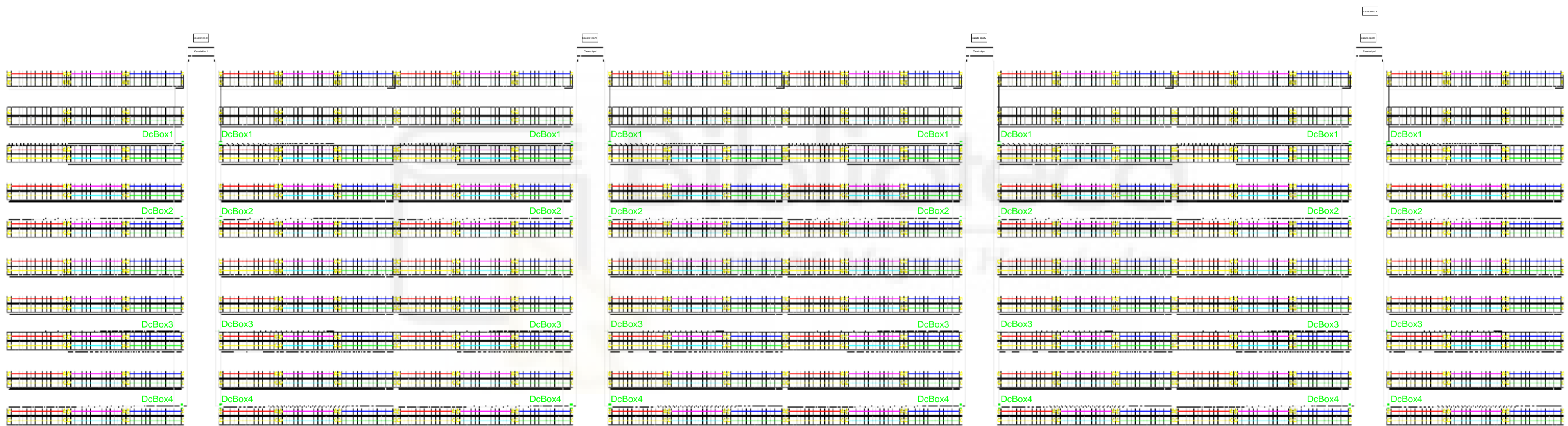
Inversor 6

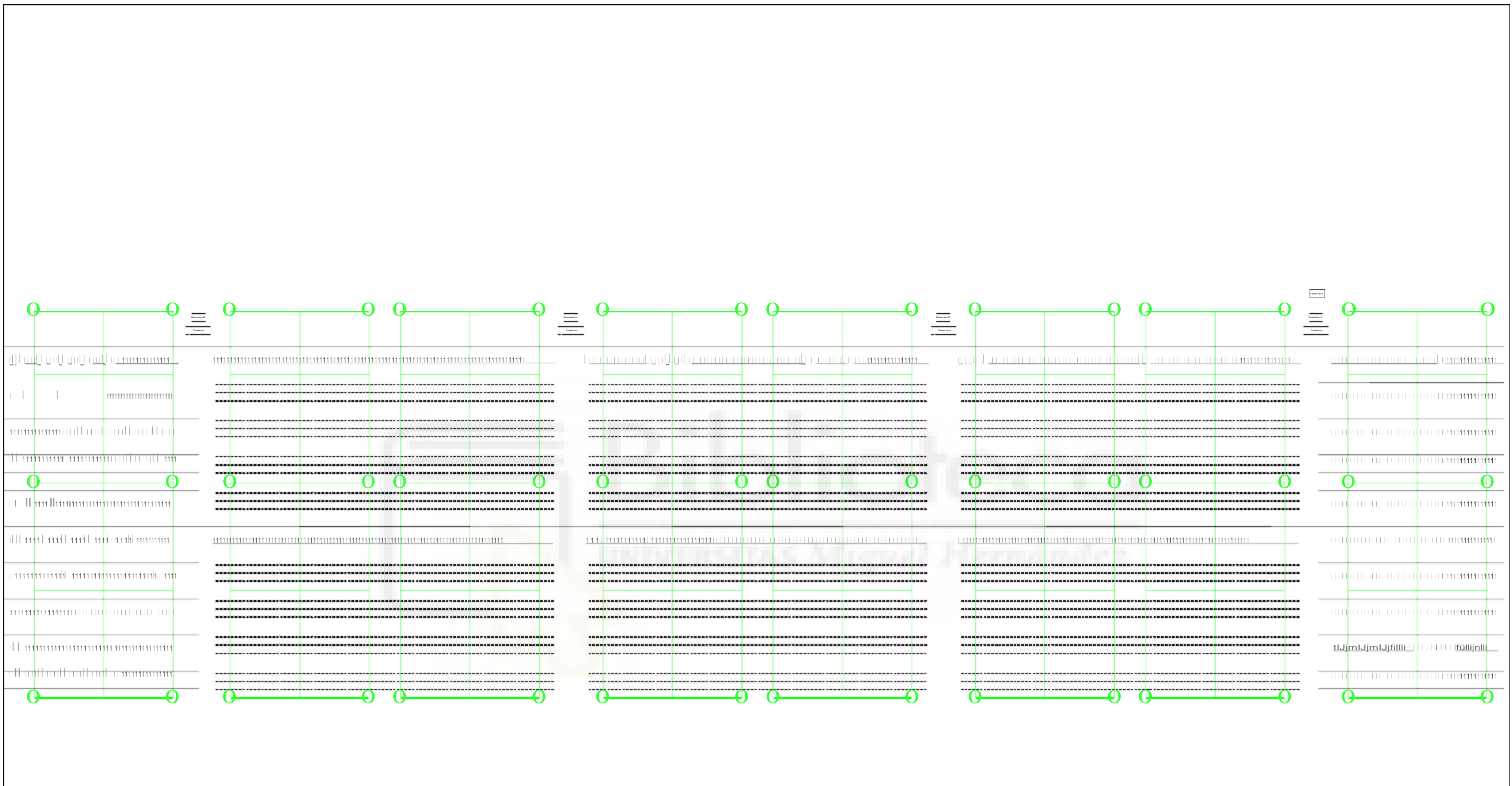
Inversor 7



Inversor 8

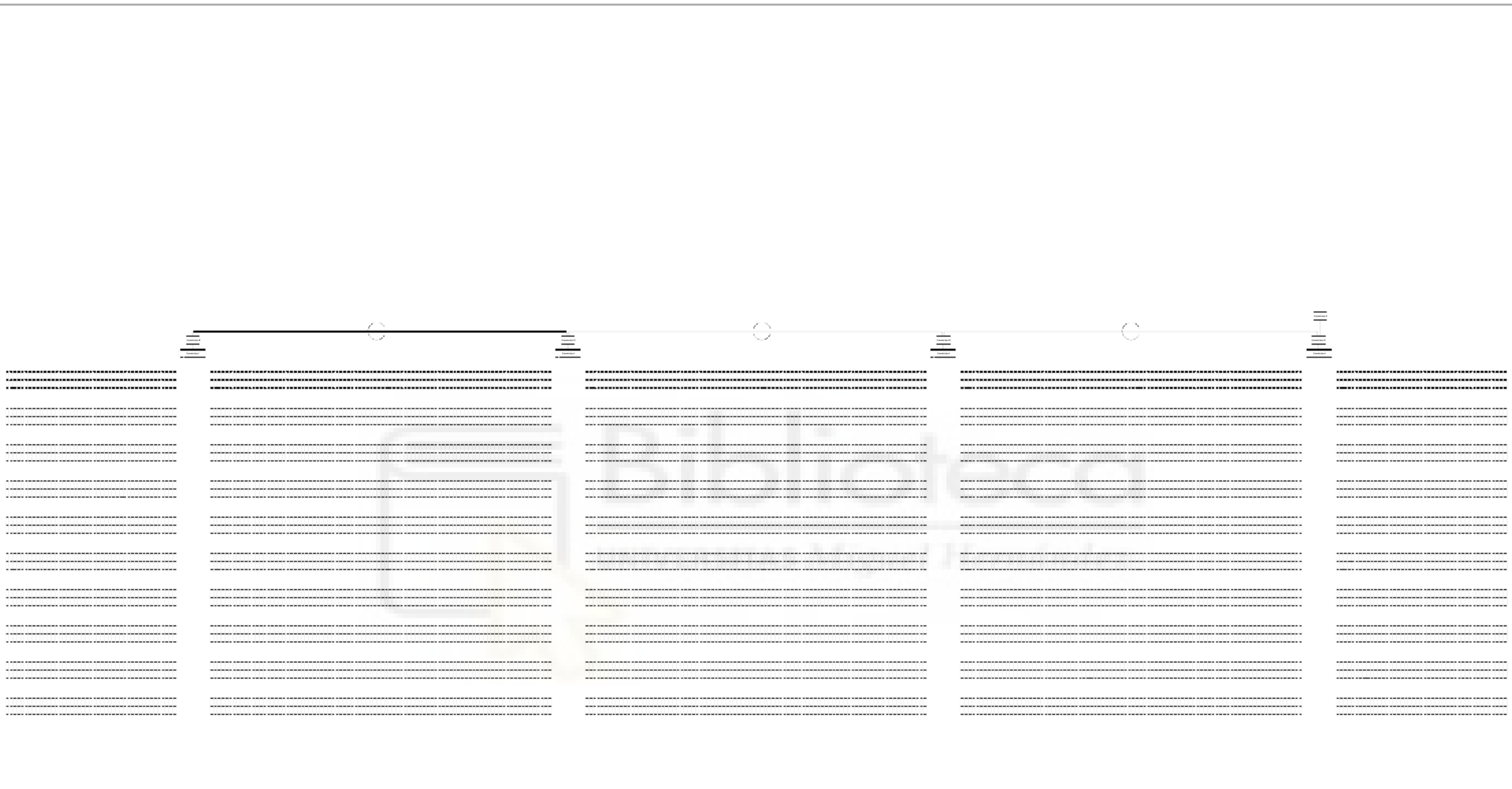
7200 módulos fotovoltaicos Jinko Solar JKM570M-7RL4-V  
900 modulos por inversor  
4 Cajas DCBox por inversor







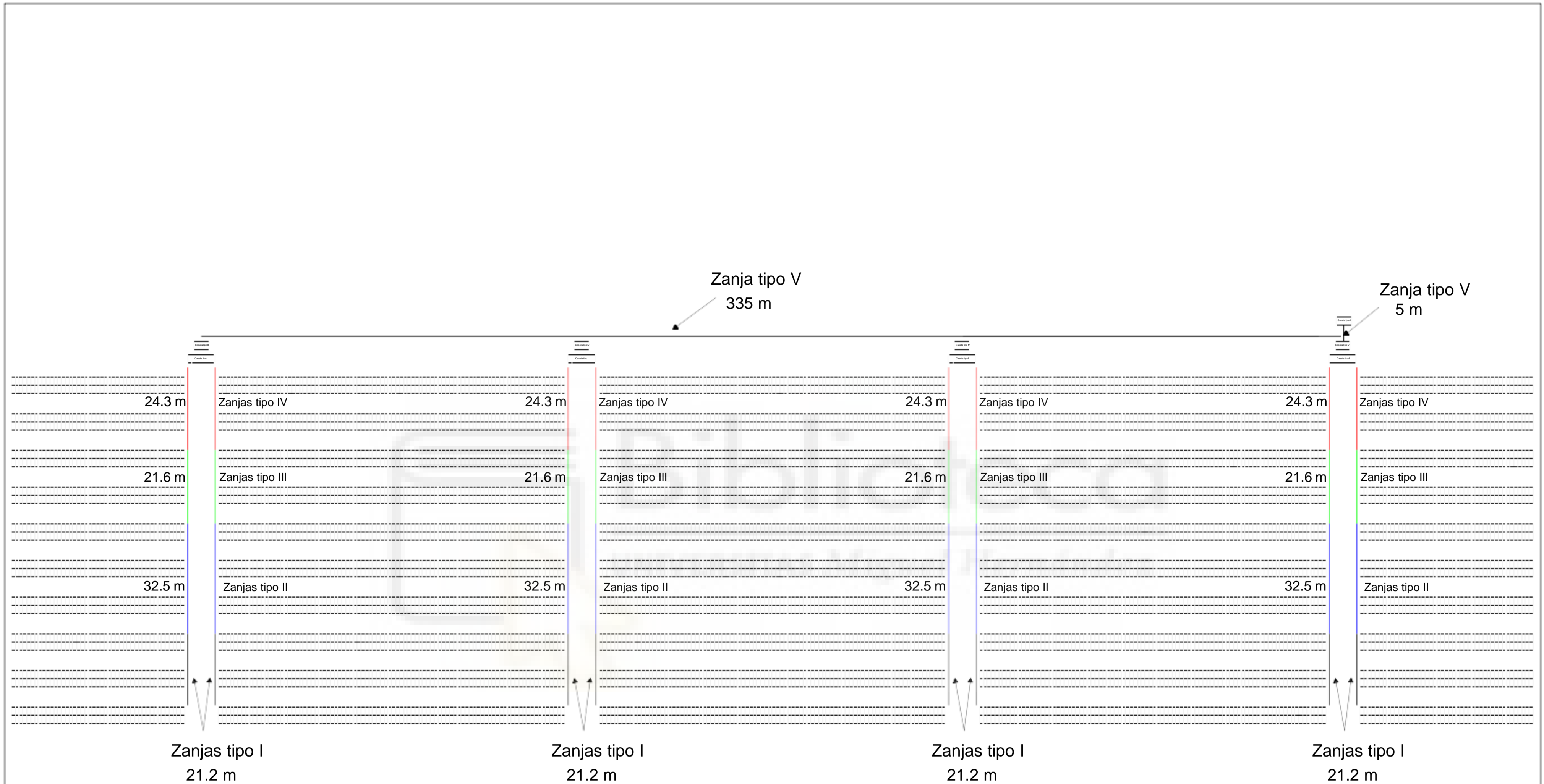


	Pica de cobre, L=1.5m, D=14mm
	Conductor cobre desnudo 25 mm2

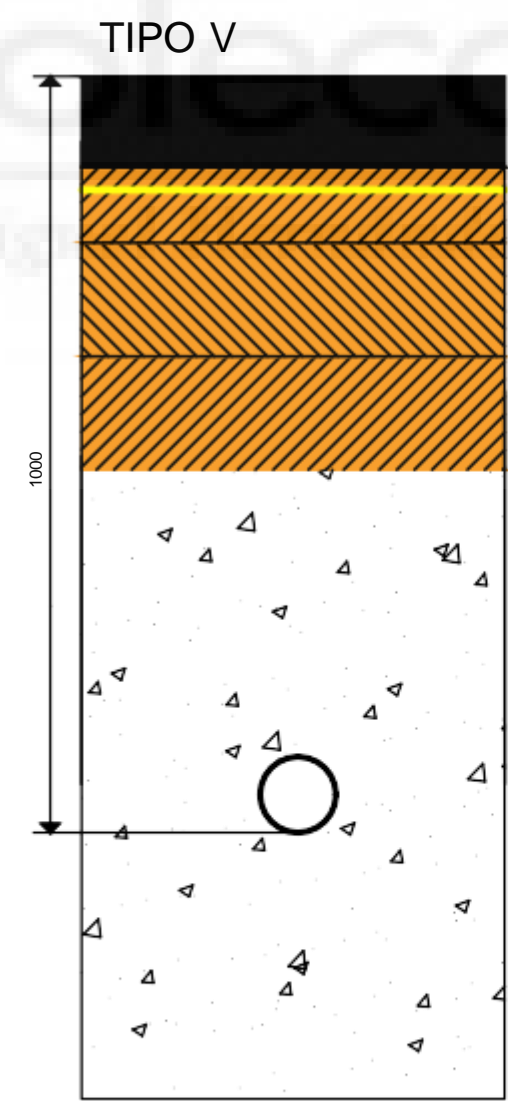
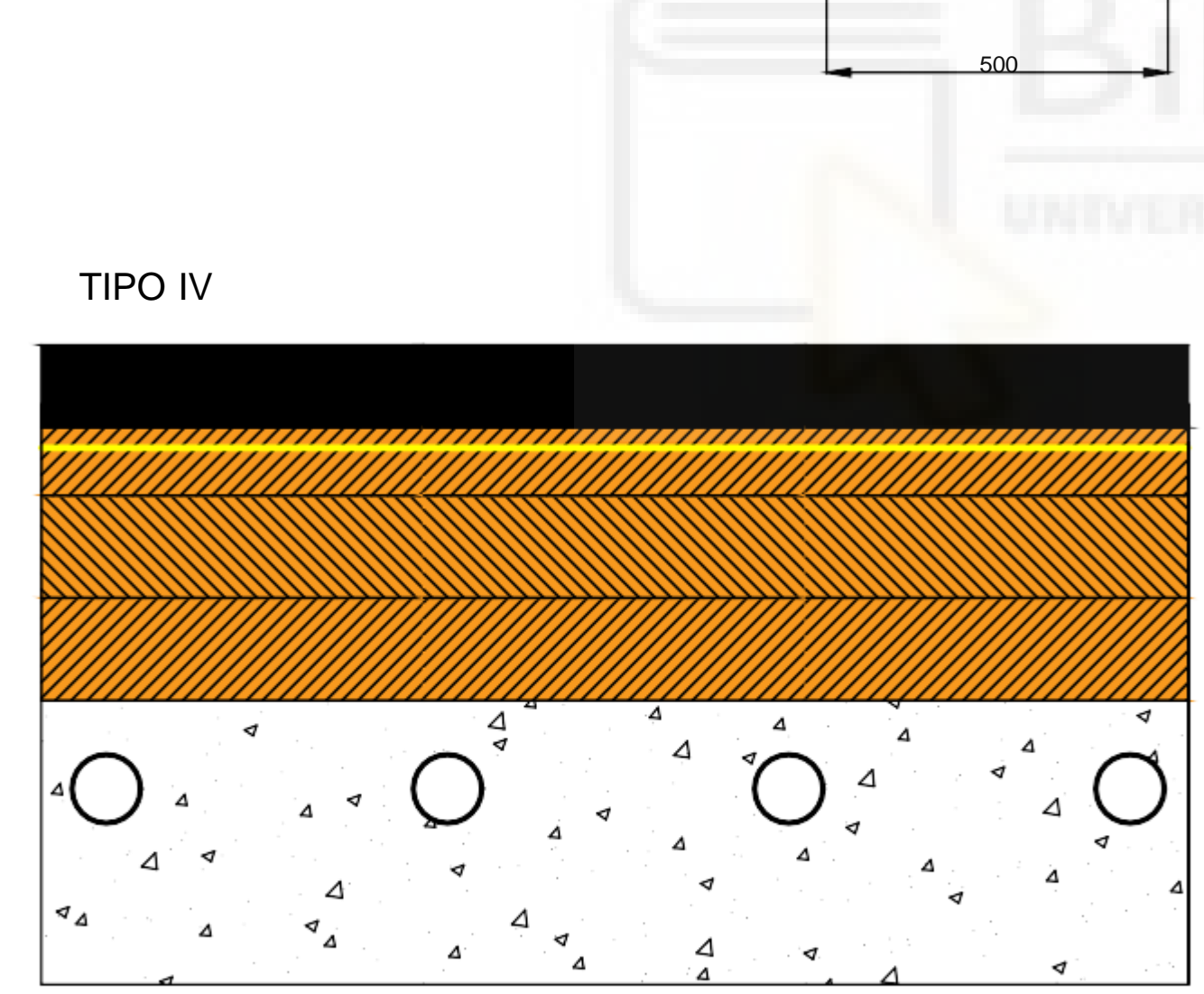
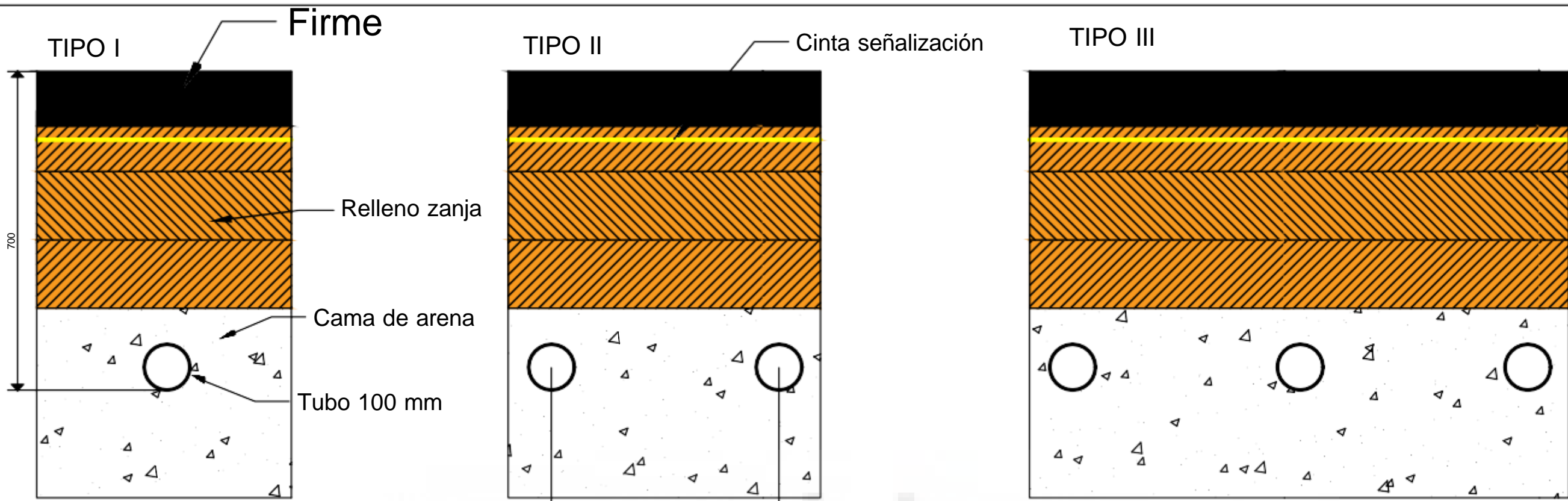


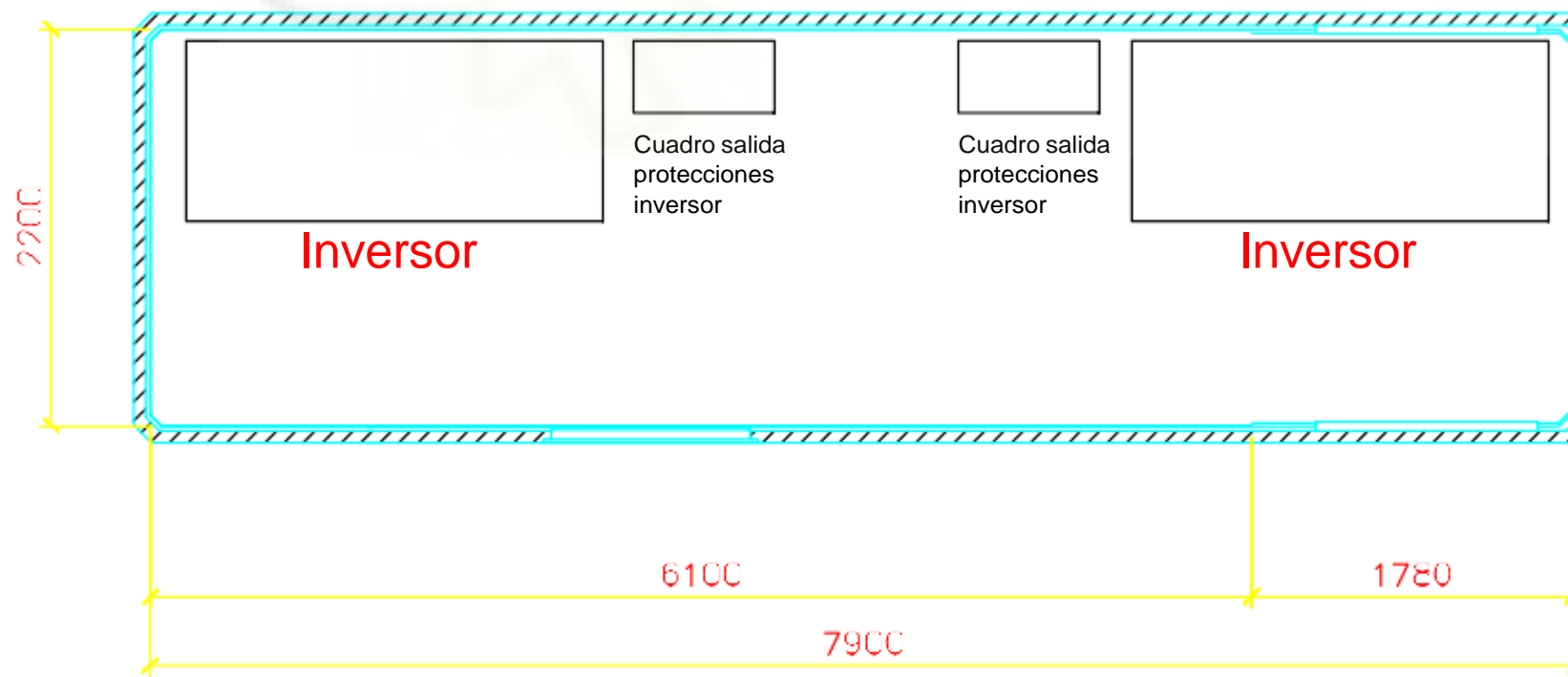
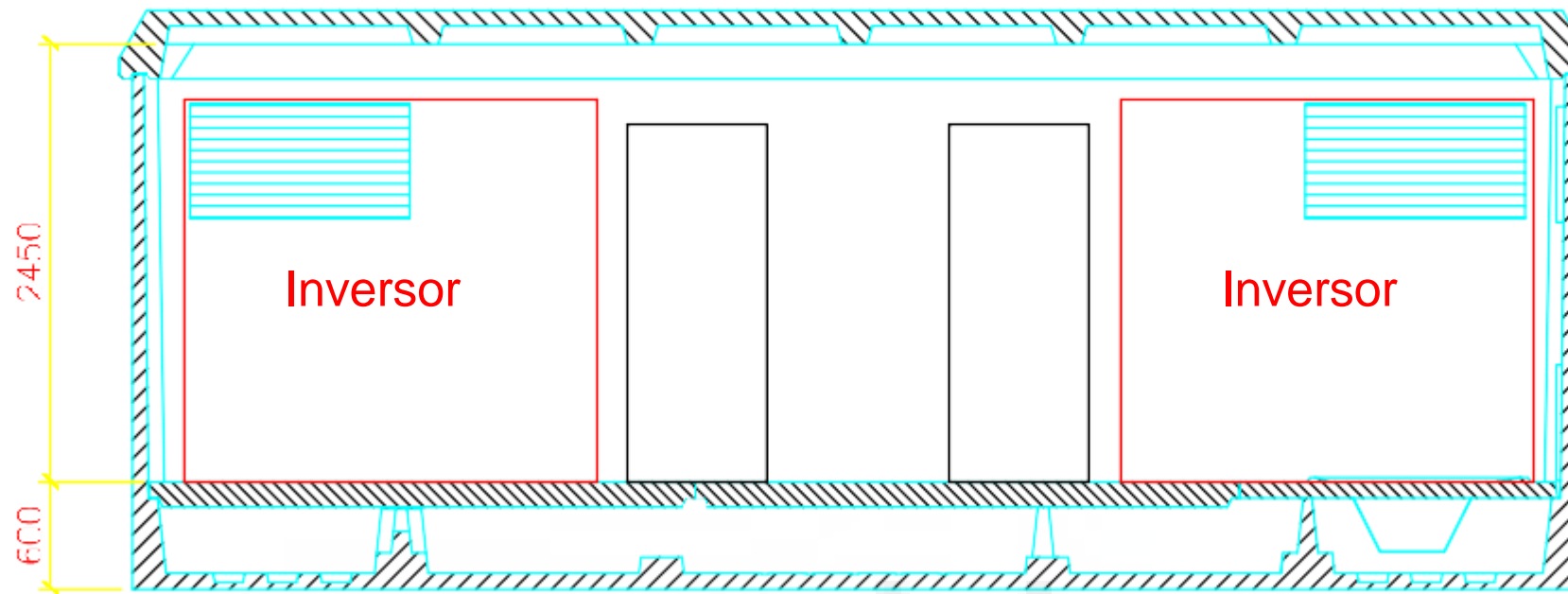
	Arqueta media tensión normalizada
	Conductor MT 18/20 KV 50mm2 / 95 mm2

 <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández	Planta fotovoltaica 4MW	
	Universidad Miguel Hernández	
Detalle conexión celdas MT	Francisco Javier Casermeiro Jiménez	Málaga
		07/2022 1/800
		6




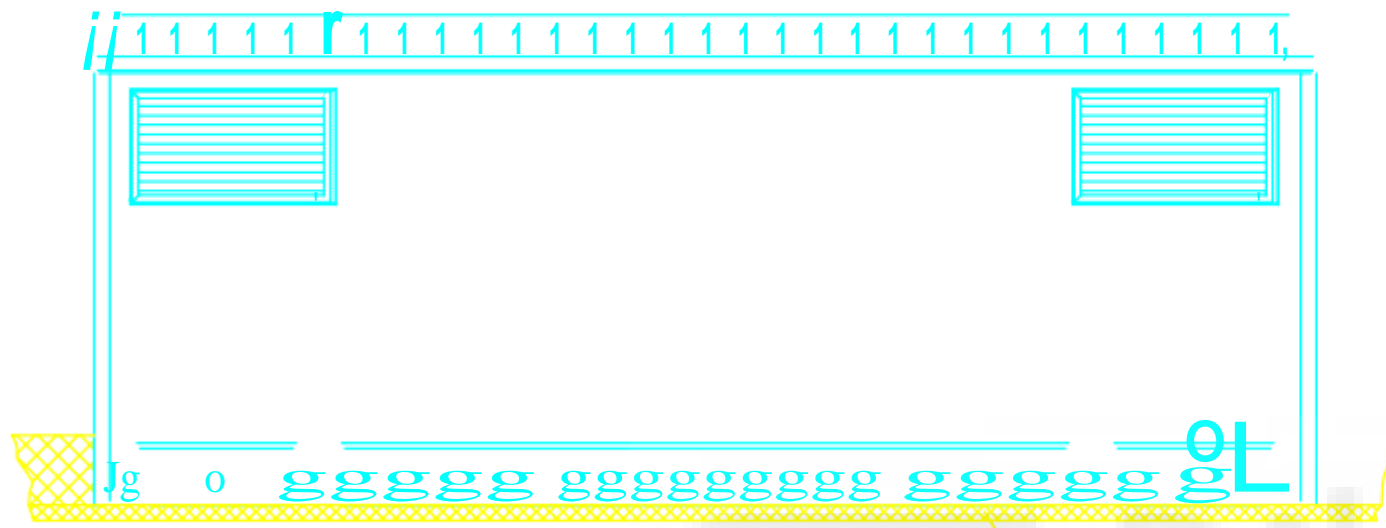




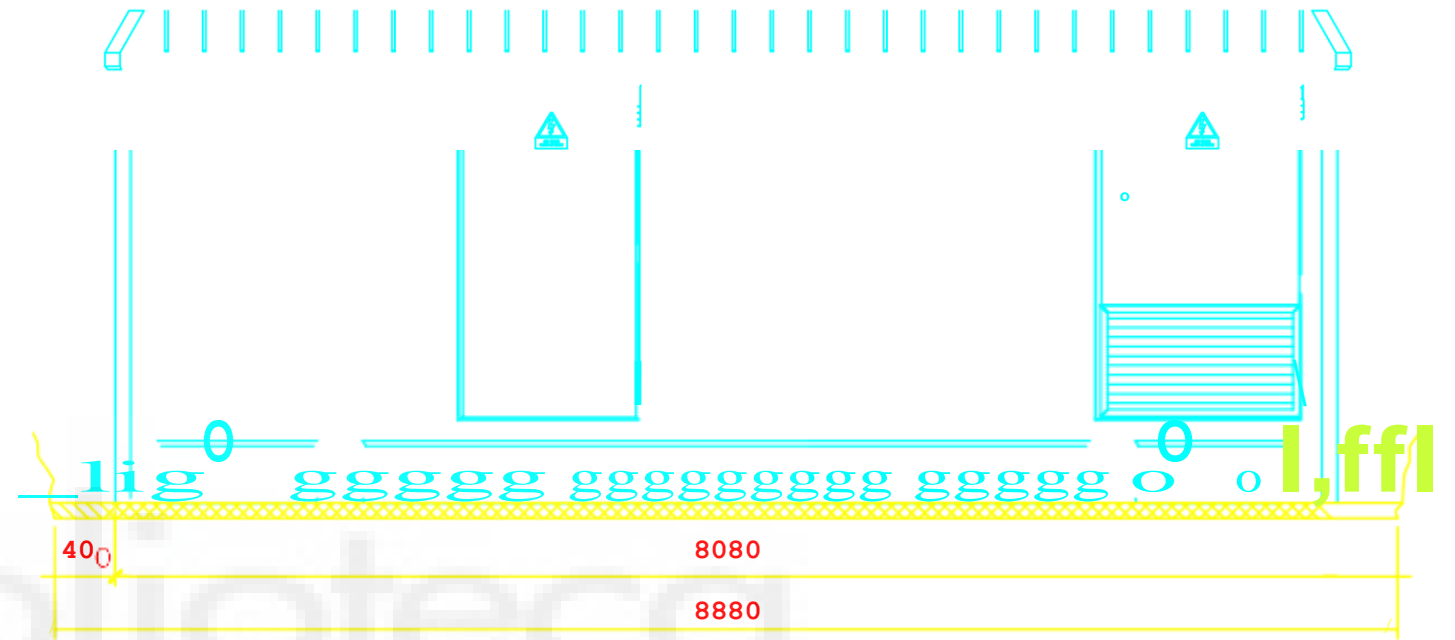


Biblioteca  
UNIVERSITAS Miguel Hernández

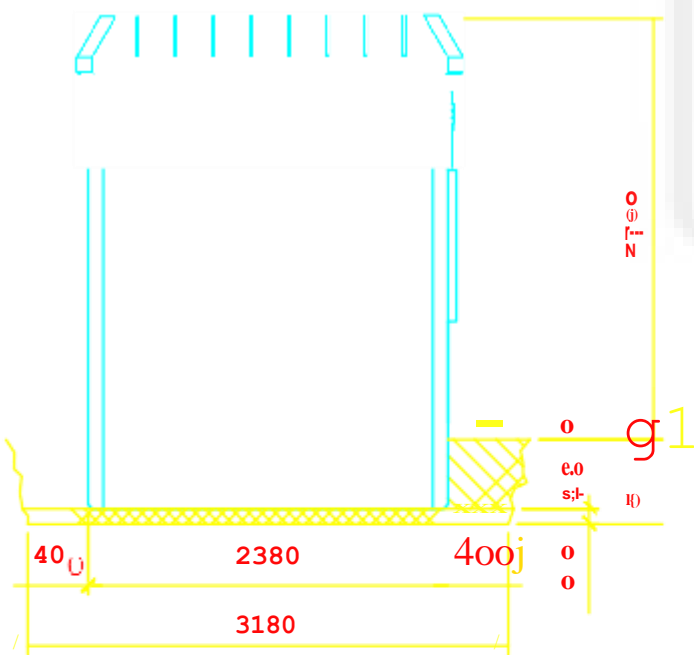
 <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández	Planta fotovoltaica 4MW	
	Universidad Miguel Hernández	
Casta tipo I Interior	Francisco Javier Casermeiro Jiménez	Málaga
		07/2022
		1/40
		9.1



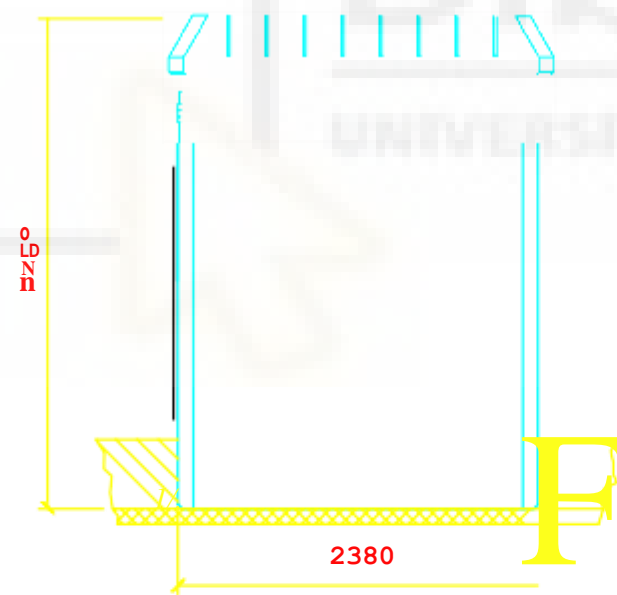
VISTA POSTERIOR



VISTA FRONTAL




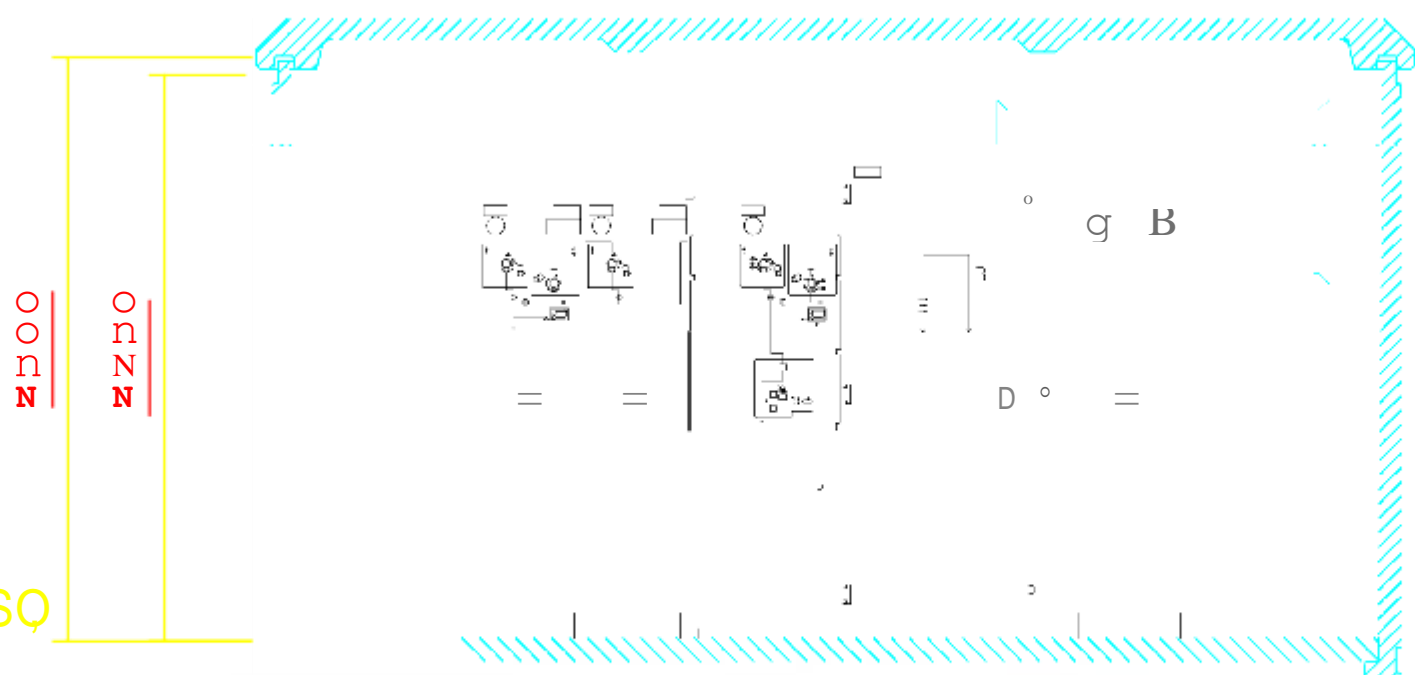
VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA LATERAL DERECHA

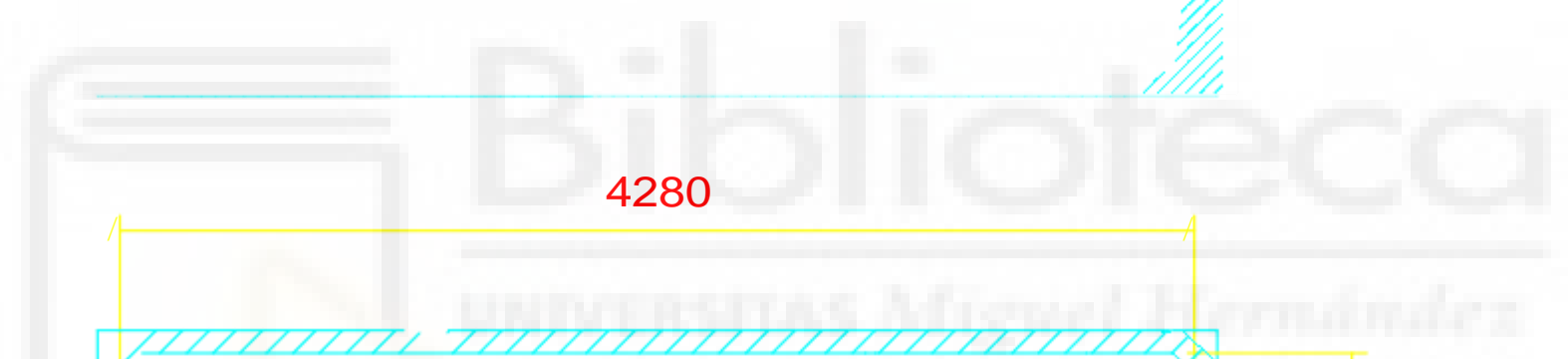
DI " (It ; )t A tX'AVAC:ION  
8,88 r- LA., U x -3,1:5 n. ANCIIC x U:ib r-. PfWH., yD

	ta fotov
	ersidad
Caseta tipo I Exterior	Francisco Javier Casermeiro Jiméneez

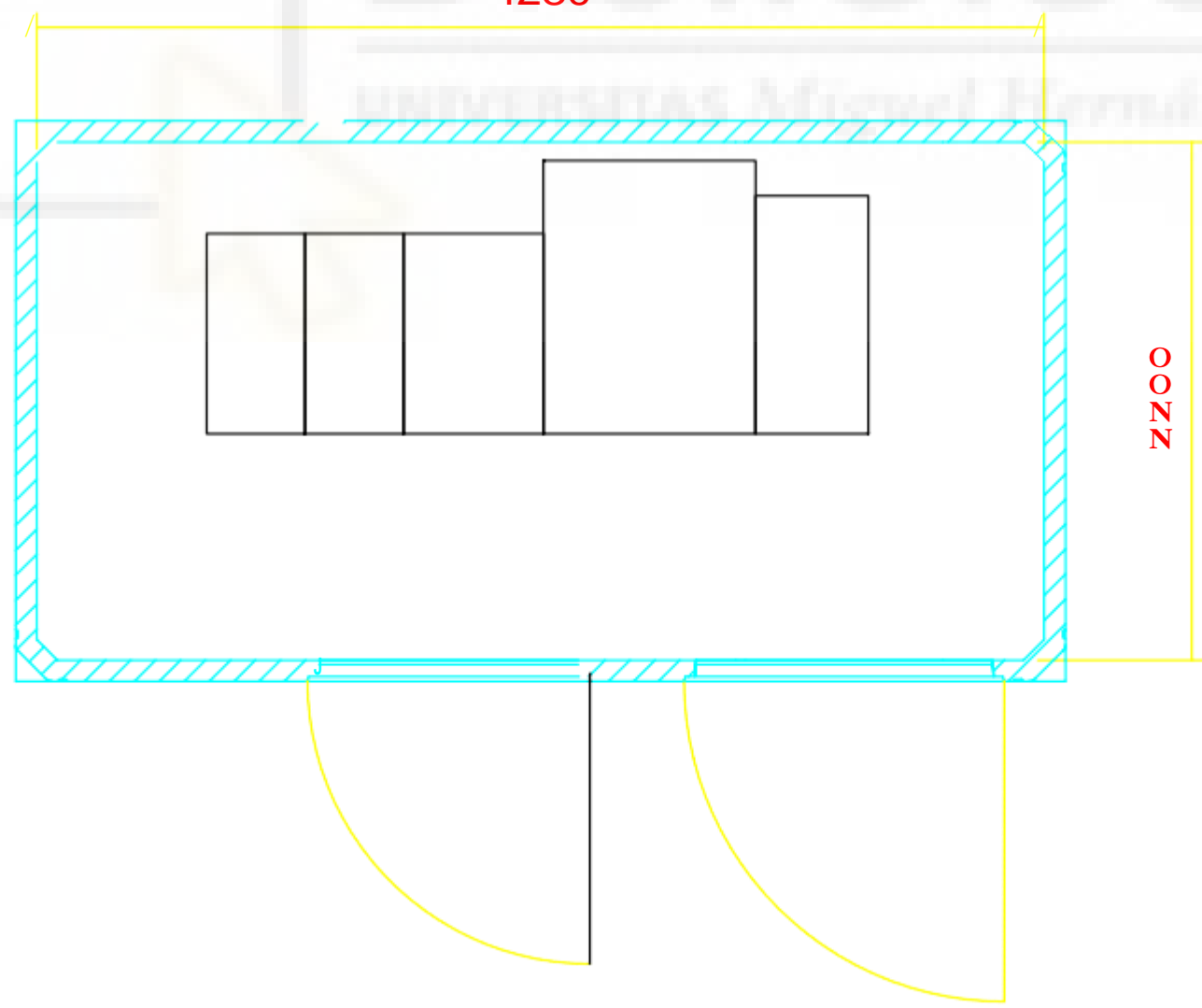


2100  
2020


PUN ( ) COLOCACION PISO

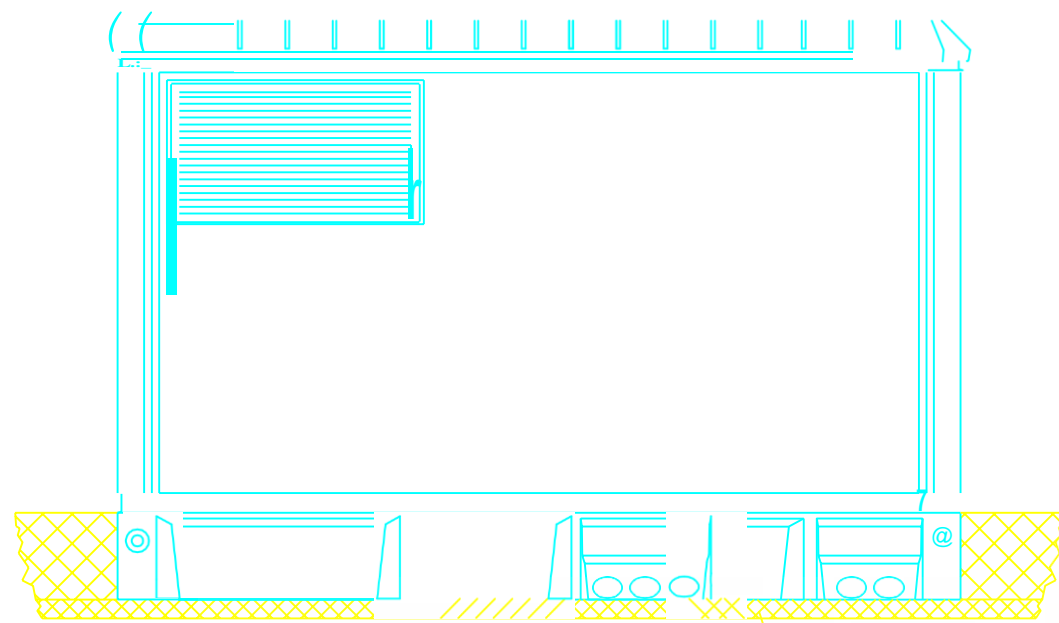


4280



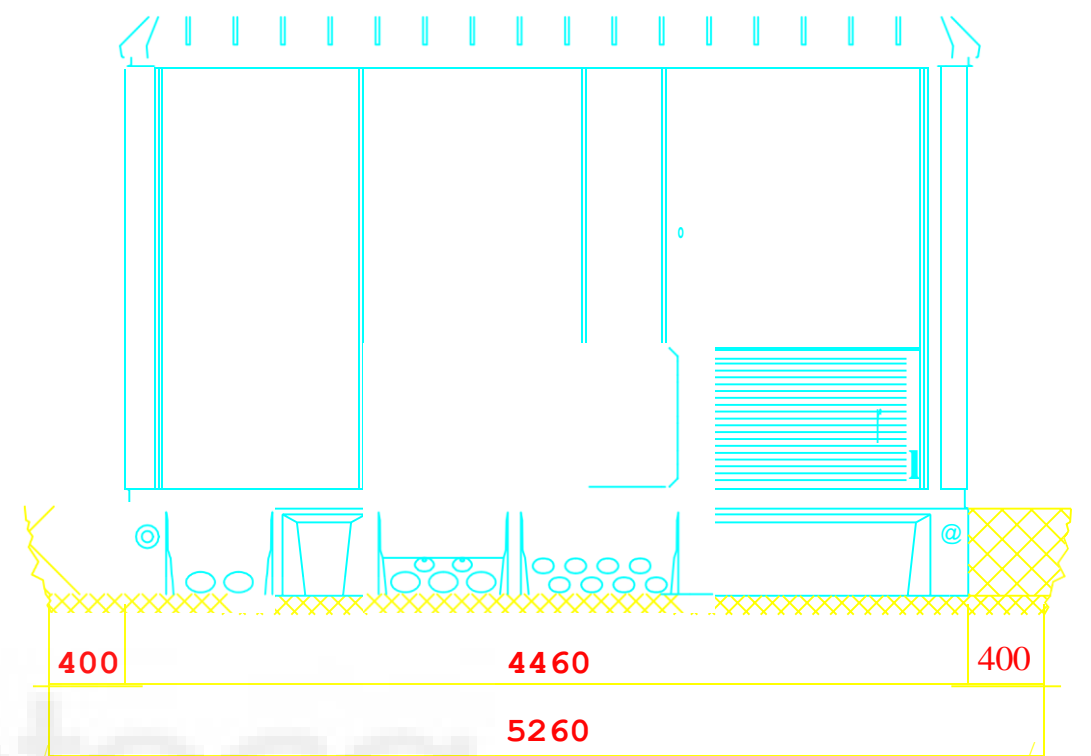
2200

 <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández	Planta fotovoltaica 4MW	
	Universidad Miguel Hernández Francisco Javier	
Caseta tipo II Interior	Casermeiro Jiménez	Málaga 07/2022 1/30 -7 9.3

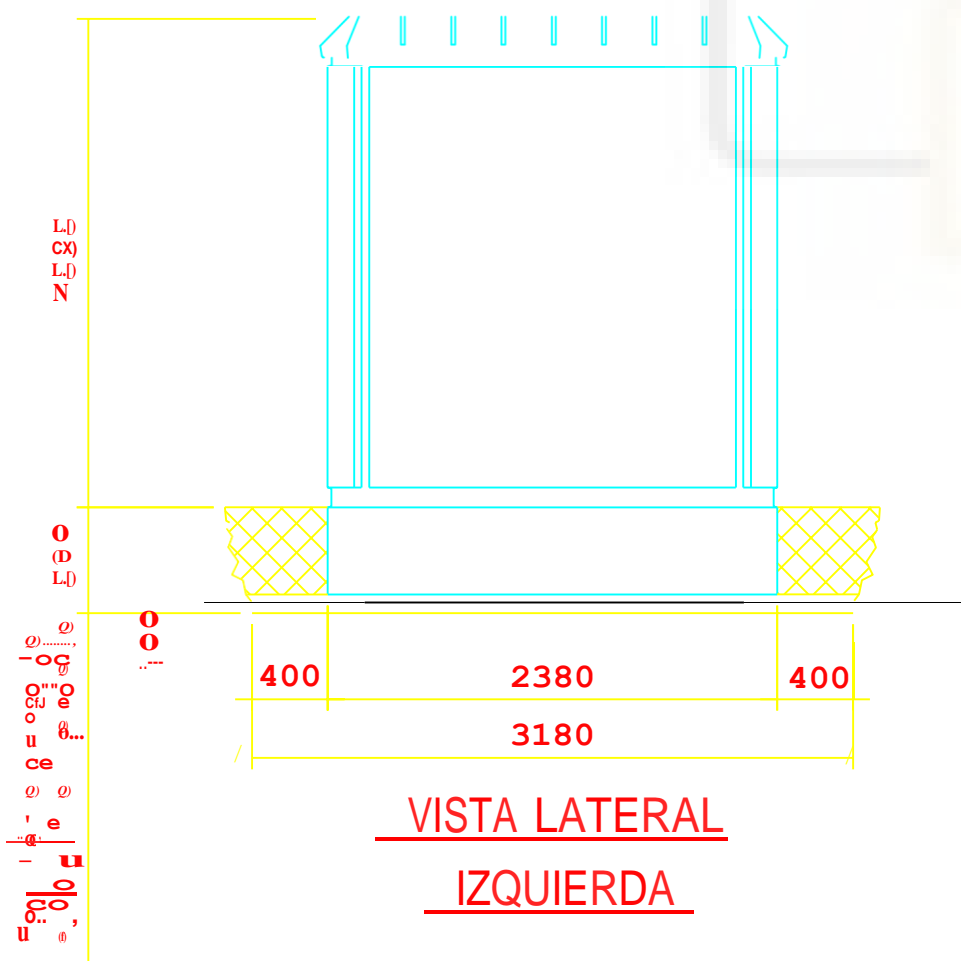


VISTA POSTERIOR

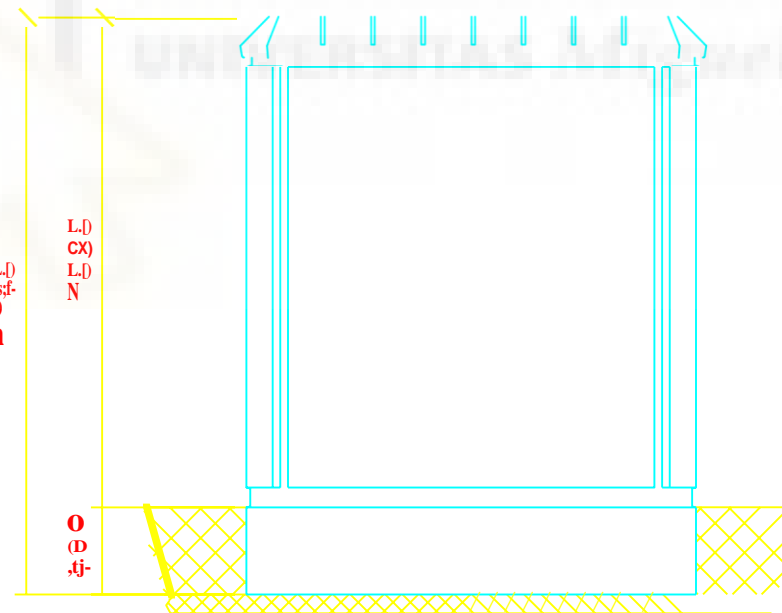
Arena de nivelación



VISTA FRONTAL




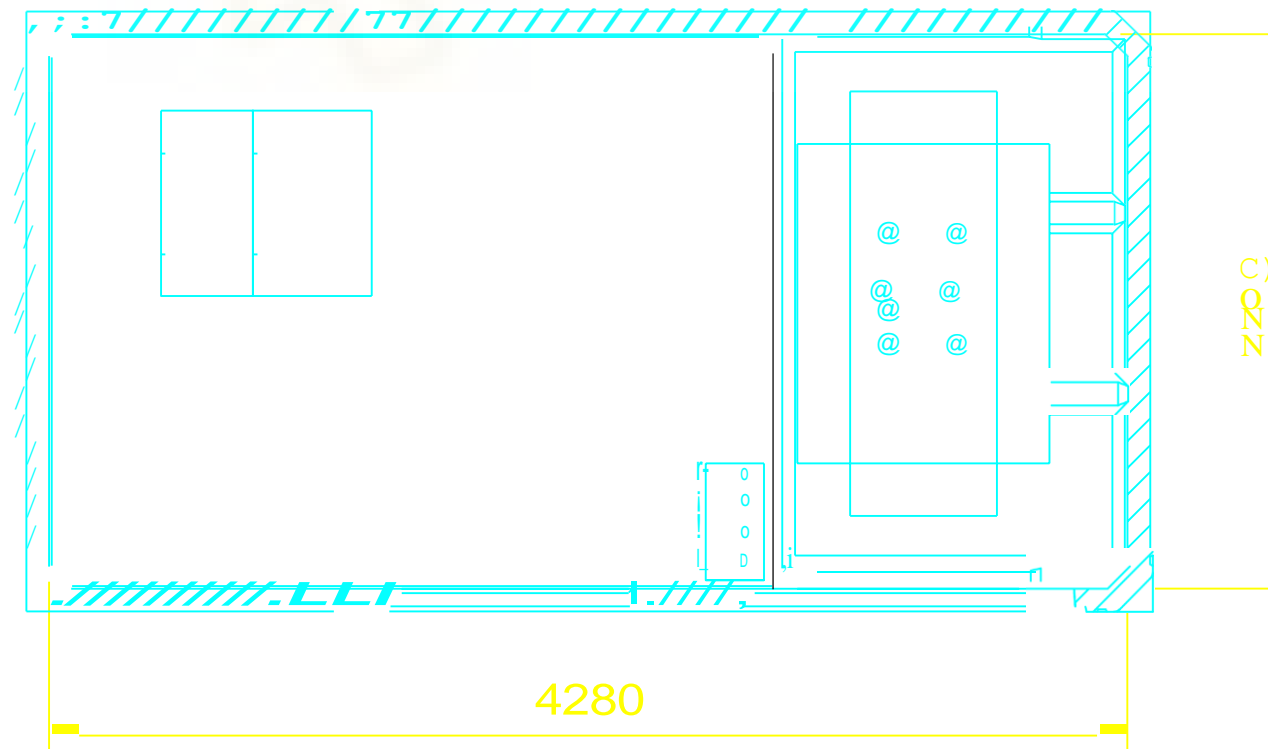
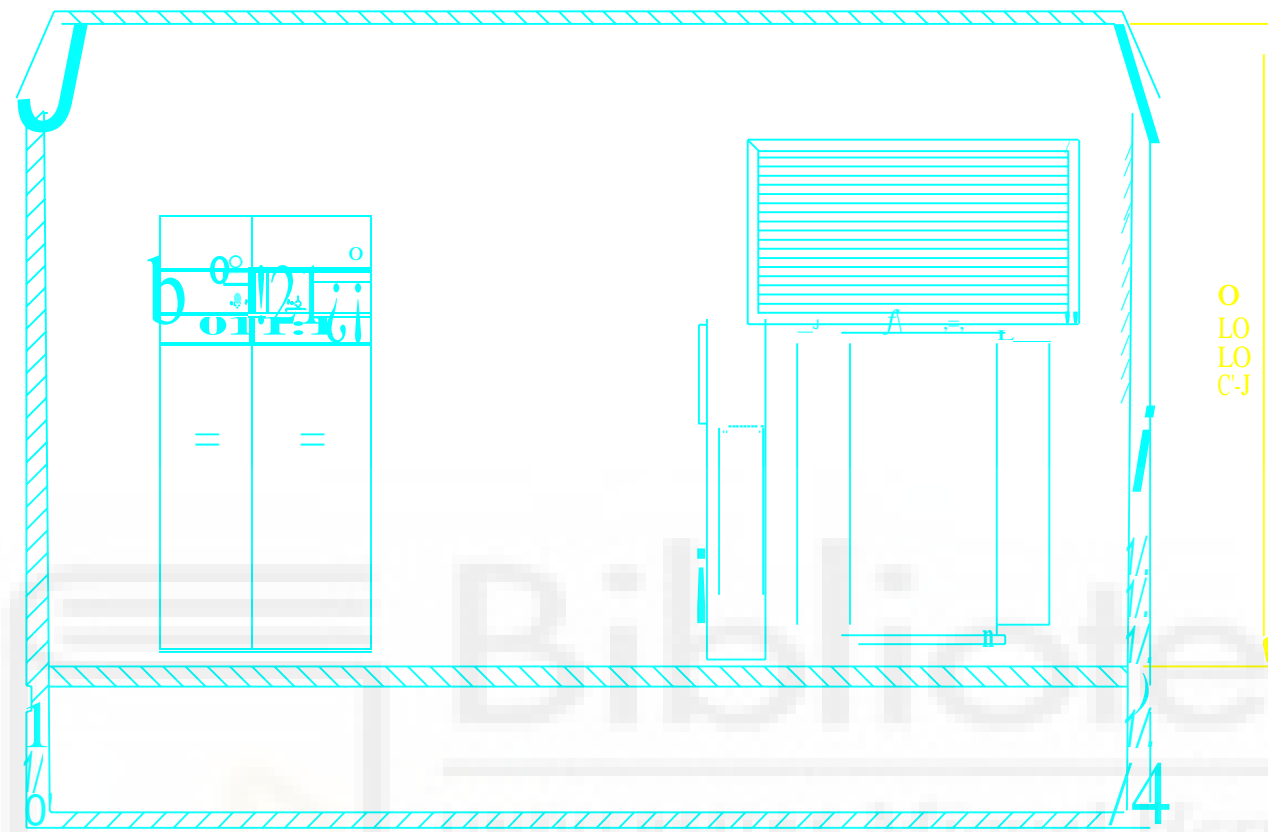
VISTA LATERAL  
IZQUIERDA




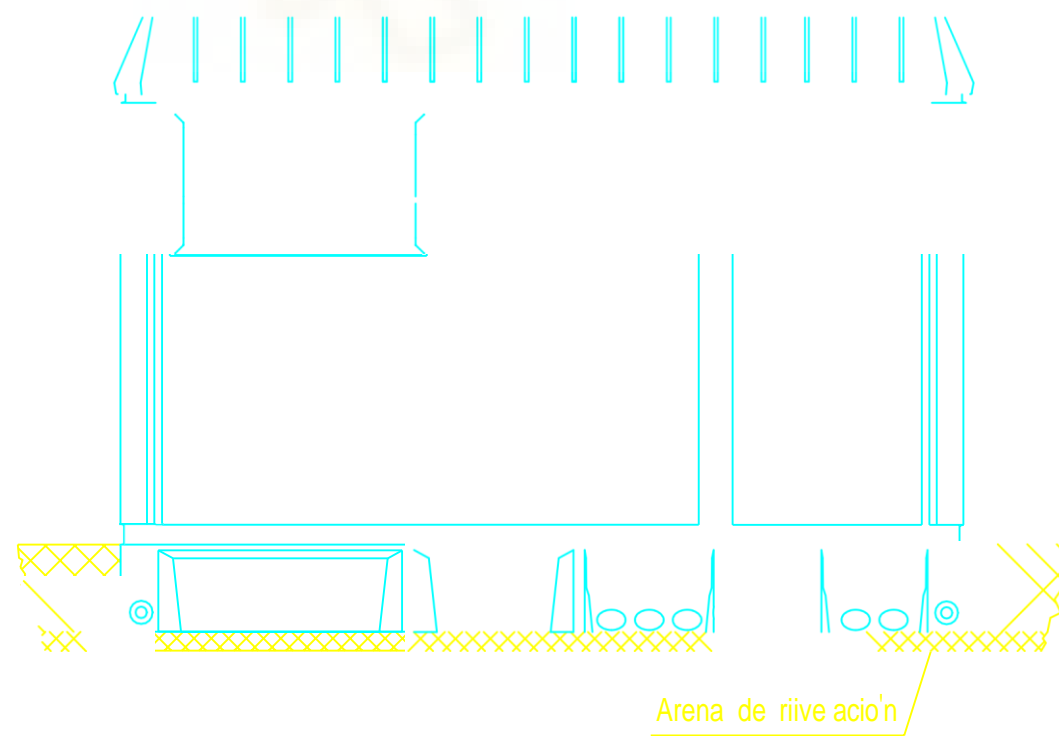
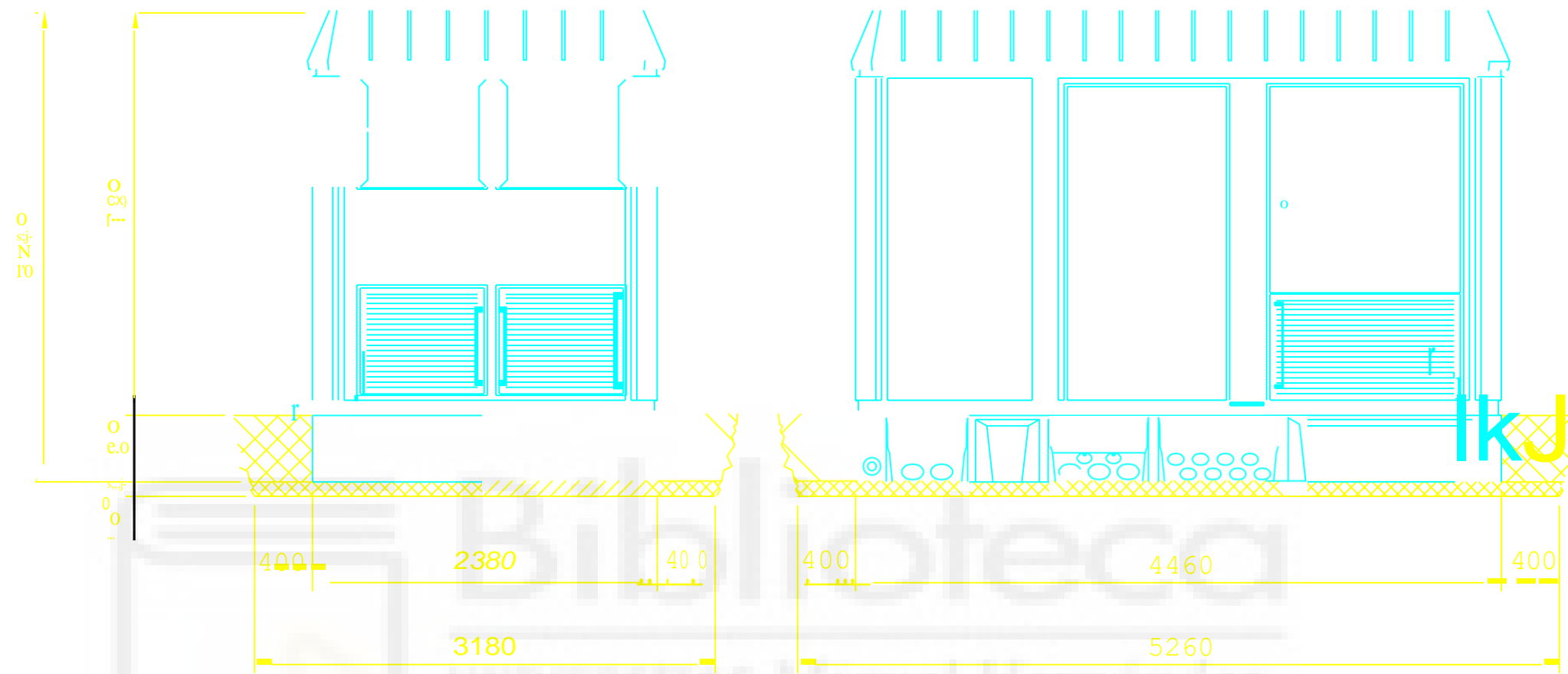
VISTA LATERAL  
DERECHA

DIMENSIONES DE LA EXCAVACION  
5.26 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.

 <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández	Planta foto v	
	Universidad	
Caseta tipo II Exterior	Francisco Javier Casermeiro Jiménez	SITUACION: ZONA: Nº EXPEDIENTE: Nº PLANO:



 <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández	PROYECTO: ta fotov
	PROYECTANTE: ersidad
TÍTULO: <u>Casetas tipo III</u> Interior	AUTOR: Francisco Javier Casermeiro Jiménez SITUACIÓN: ESCALA: Nº EXPEDIENTE: Nº PLANO:



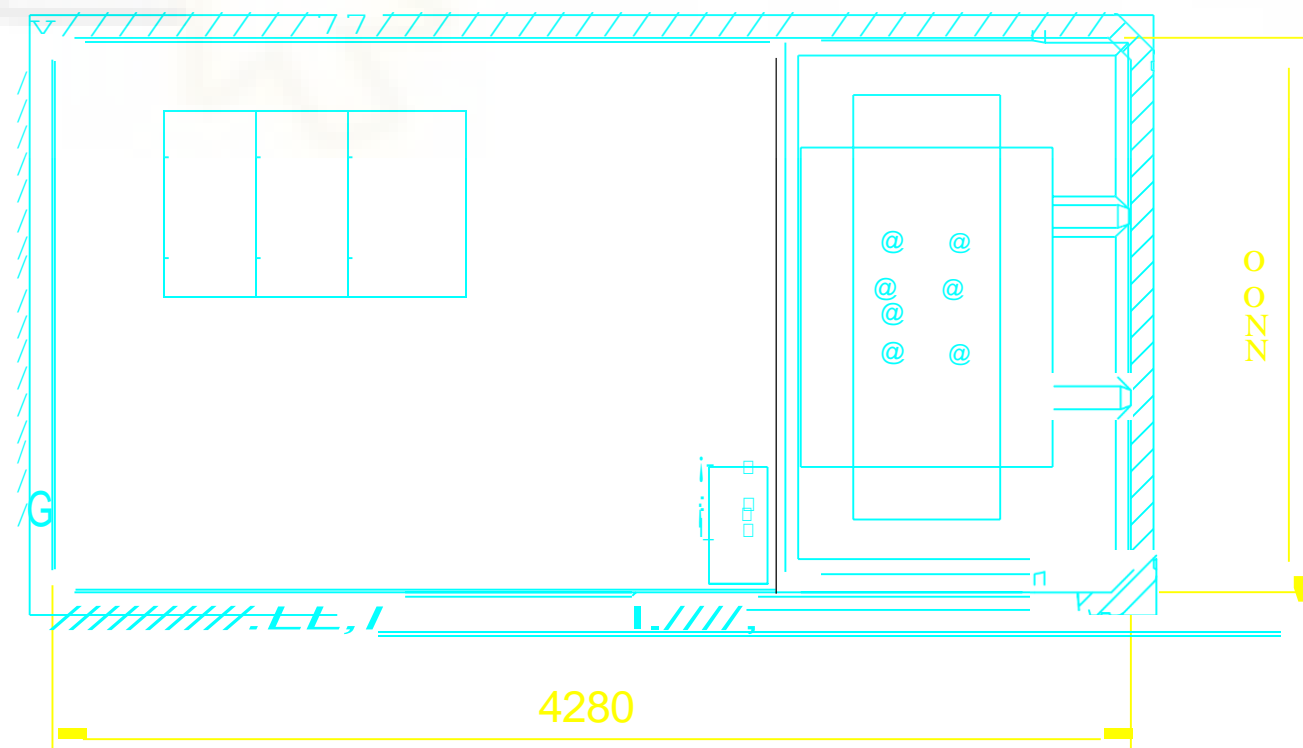
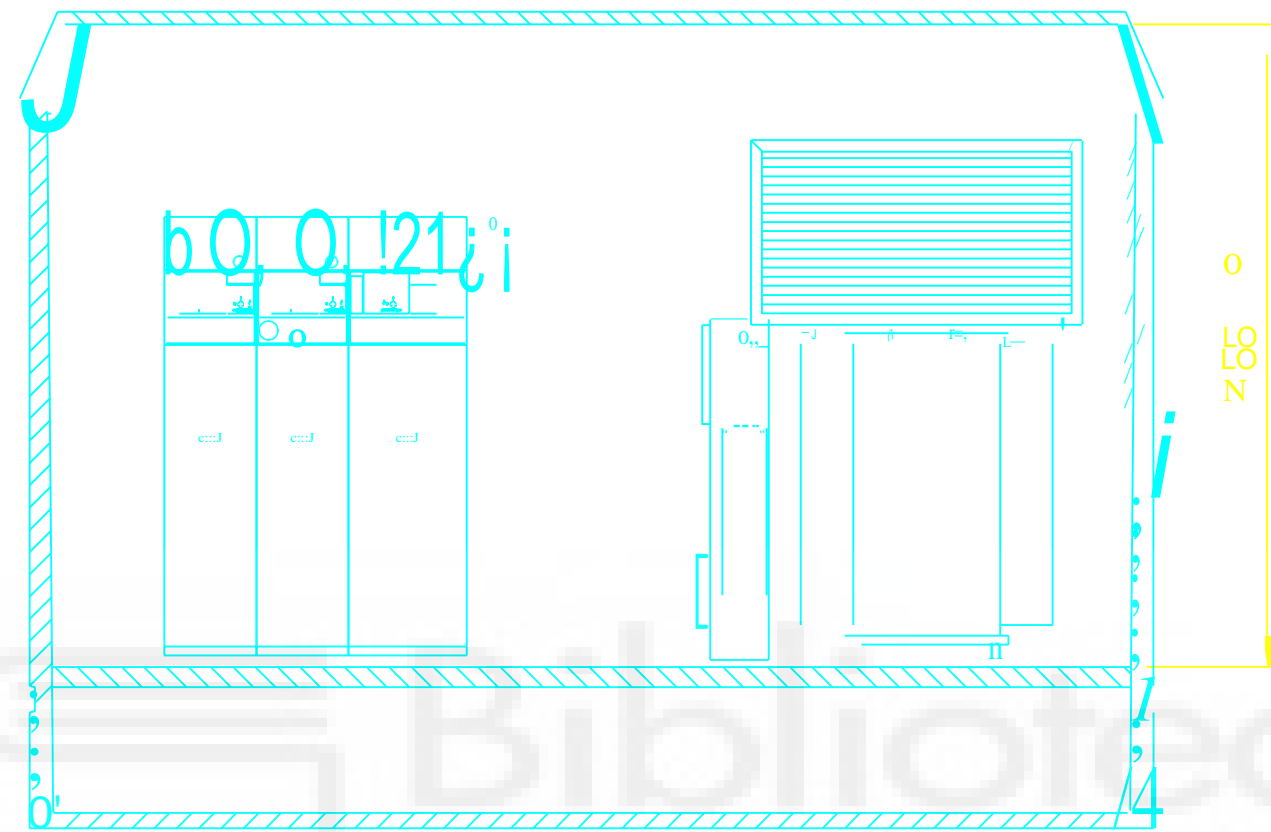
**UNIVERSITAS Miguel Hernández**


PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 PERSONA: \_\_\_\_\_  
 TÍTULO: \_\_\_\_\_

RESUMEN PLANO: \_\_\_\_\_

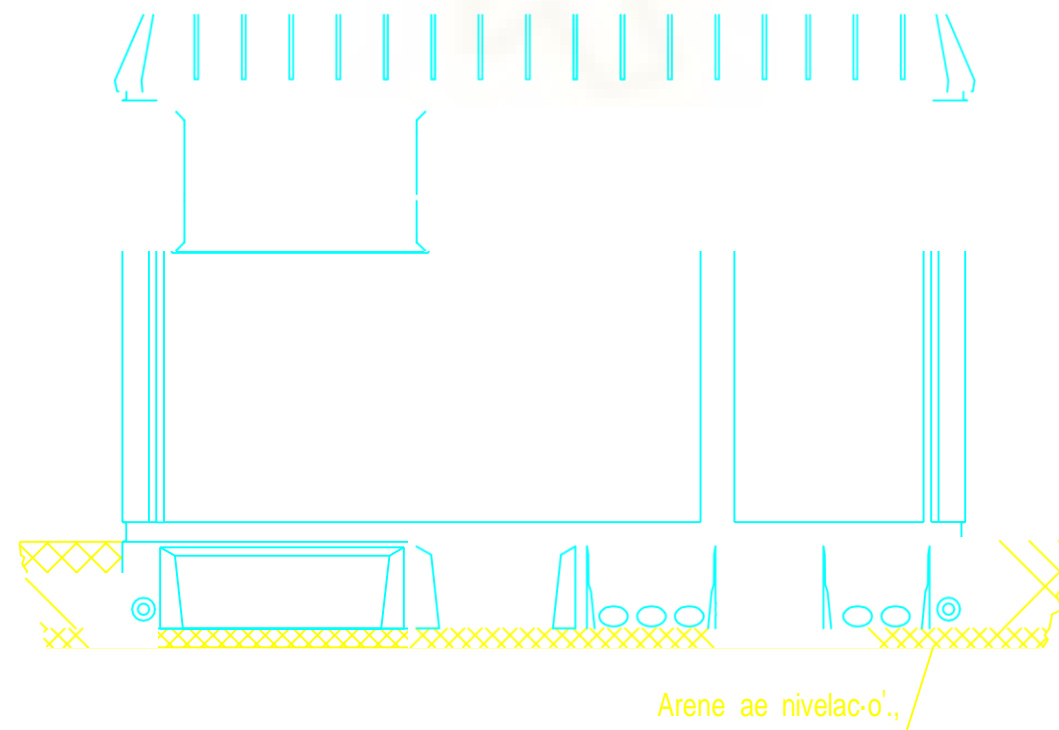
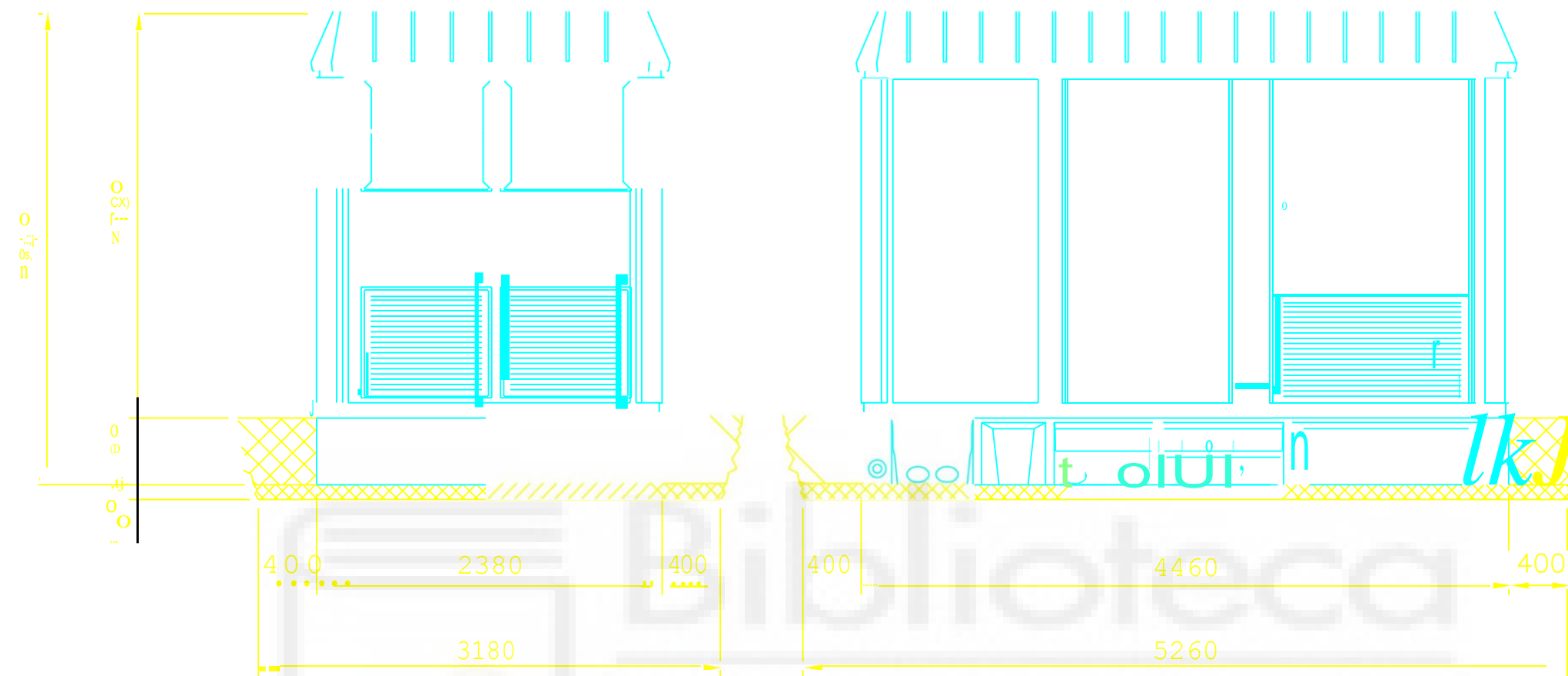
**Casetas tipo III Exterior**

SITUACIÓN: \_\_\_\_\_  
 ESCALA: \_\_\_\_\_  
 Nº EXPEDIENTE: \_\_\_\_\_ Nº PLANO: \_\_\_\_\_

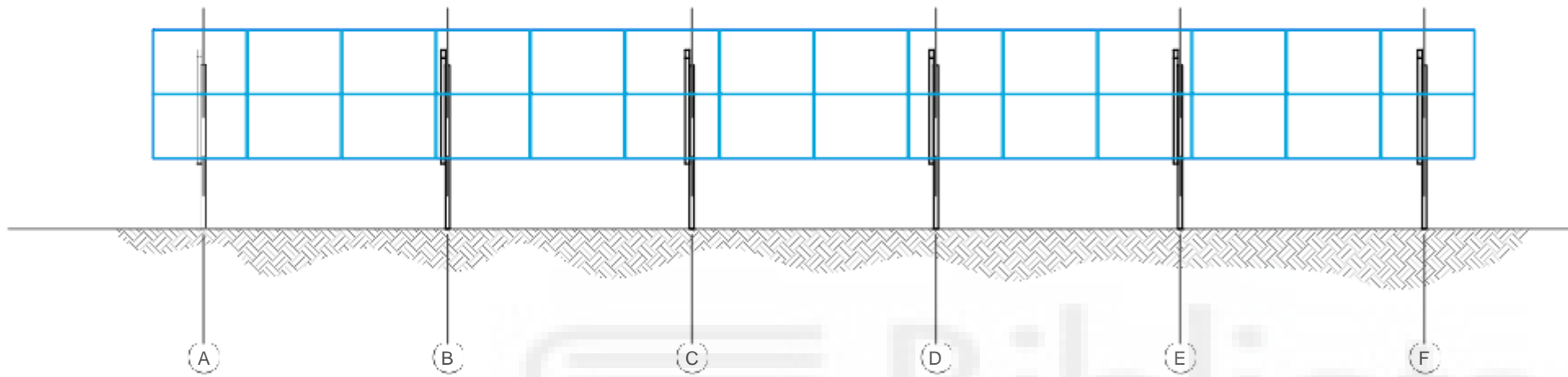


	PROYECTO: ta fotov
	PROYECTADO: ersidad
TÍTULO: Casetas tipo IV Interior	SITUACIÓN: ESCALA: Nº EXPEDIENTE: Nº PLANO:

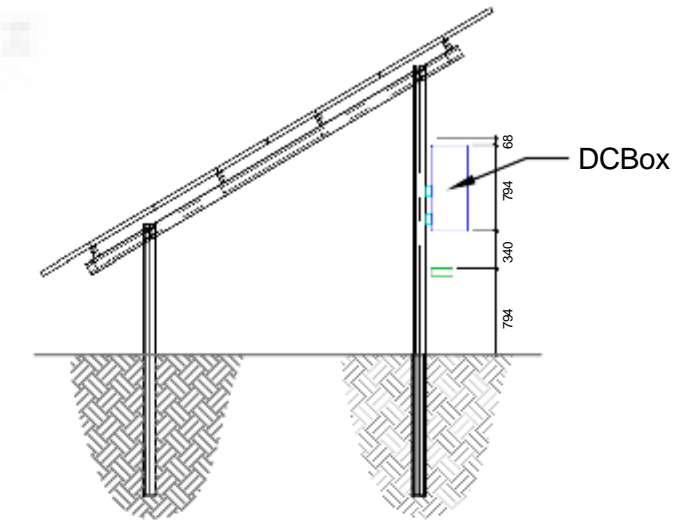
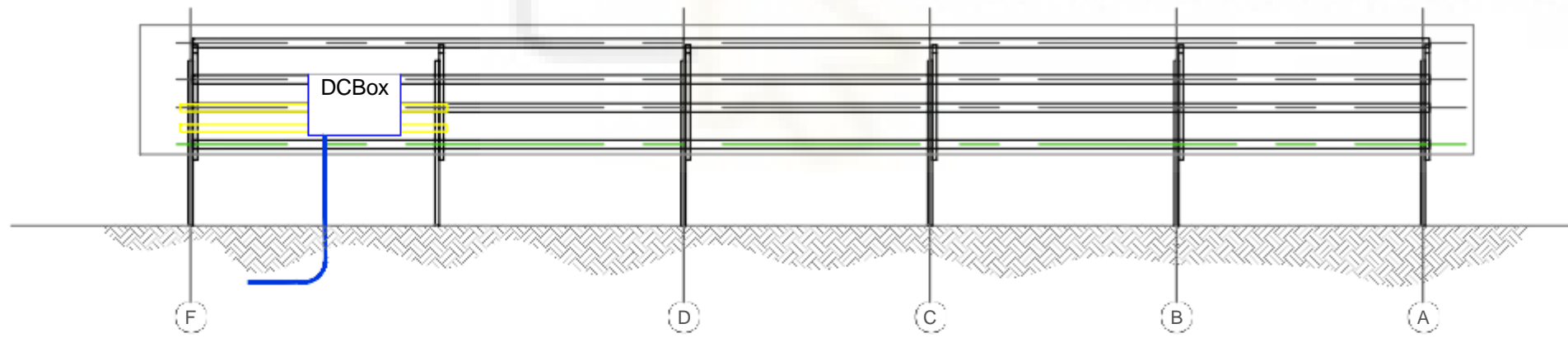
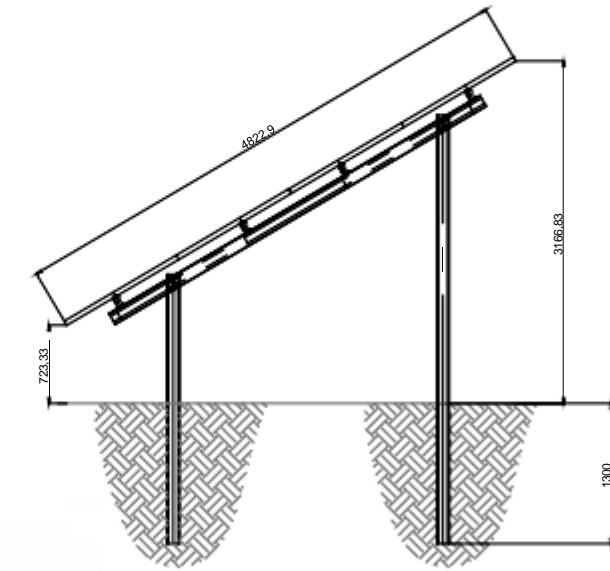





	PROYECTO	
	PROYECTADO	
<b>Casetas tipo IV</b> <b>Exterior</b>	ESTADOS	
	FECHA	
	PLANTA	



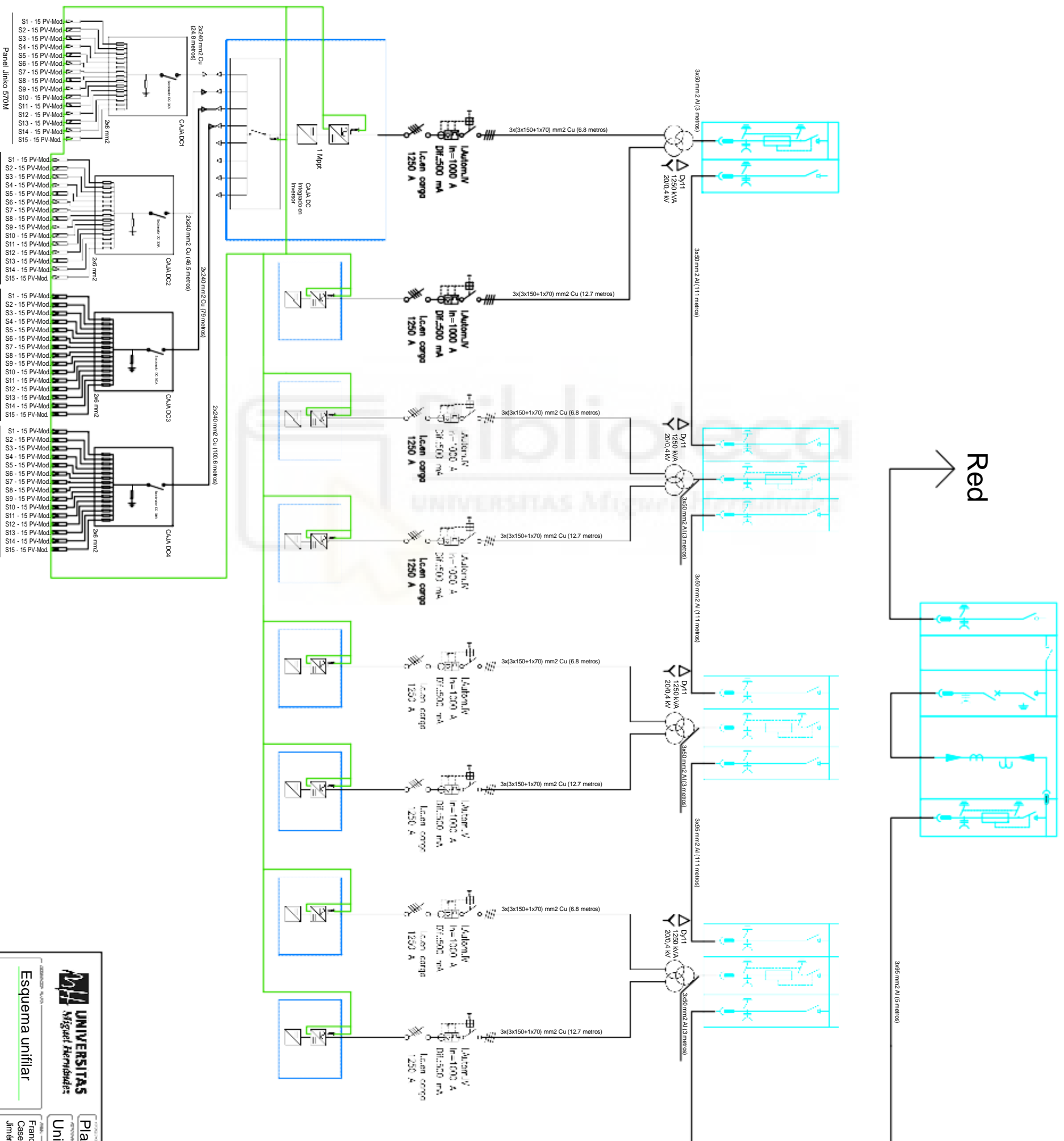
VISTA PRINCIPAL



SECCIÓN

	Planta fotovoltaica 4MW	
	Universidad Miguel Hernández	
<b>Esquema</b> montaje DCBox	Autor: Francisco Javier Casermeiro Jiménez	Lugar: Málaga
	Fecha: 07/2022	Hoja: 1/70
		Escala: 10

LISTADO DE COMPONENTES	
	Seccionador en carga
	Descargador sobretensiones
	Interruptor diferencial
	Relé térmico
	Relé de máxima intensidad
	Seccionador DC 1000V 300A



**UNIVERSITAS**  
Miguel Hernández

Planta fotovoltaica 4MW

Universidad Miguel Hernández

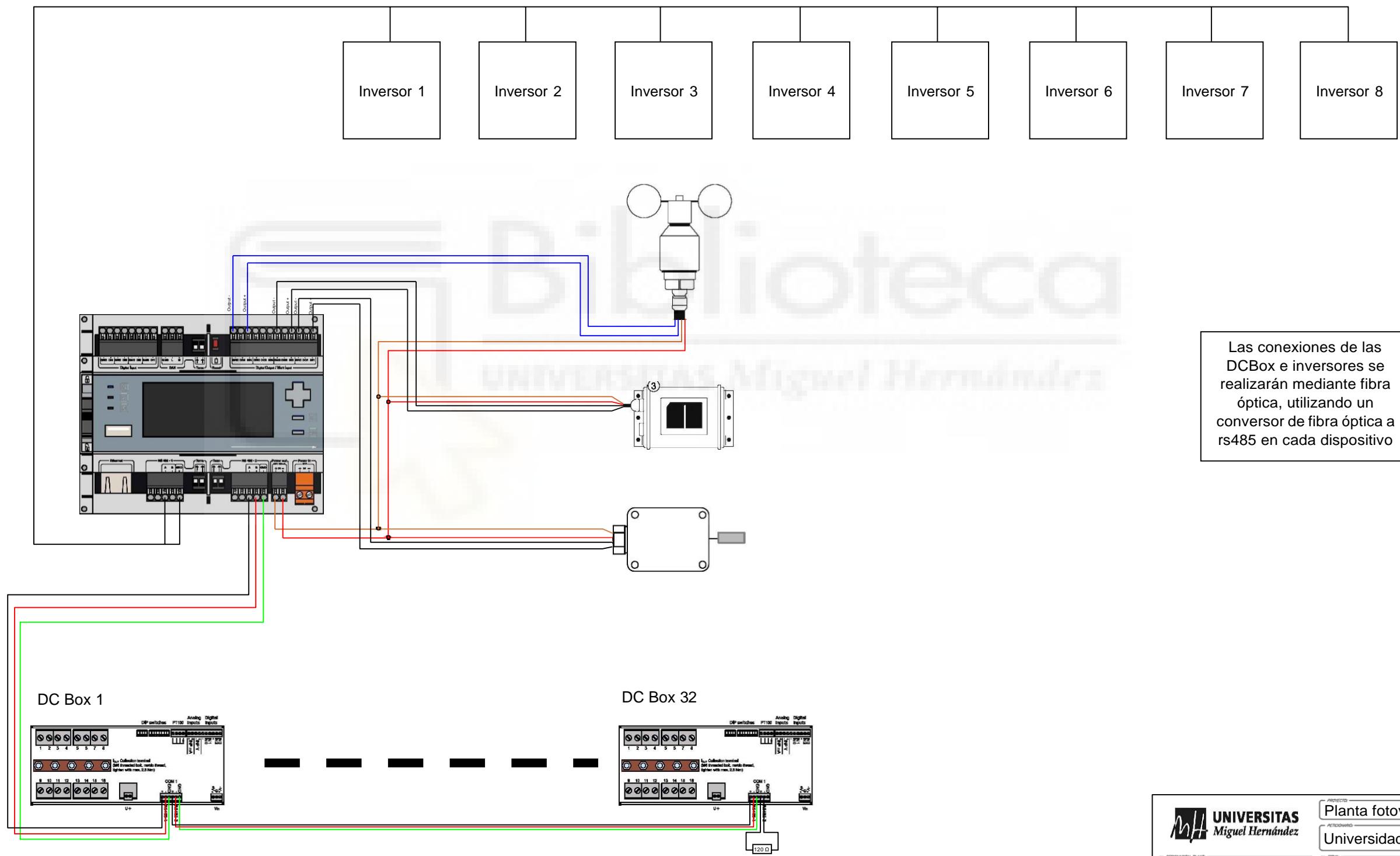
Francisco Javier Casemirio Jiménez

Esquema unifilar


Málaga

07/2022

11



Las conexiones de las DCBox e inversores se realizarán mediante fibra óptica, utilizando un convertor de fibra óptica a rs485 en cada dispositivo

 <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández	PROYECTO	Planta fotovoltaica 4MW
	PATROCINADOR	Universidad Miguel Hernández
DESIGNADOR PLANO	PROYECTISTA	SITUACIÓN
Esquema monitorización	Francisco Javier Casermeiro Jiménez	Málaga
		07/2022
		12



---

Biblioteca  
UNIVERSITAS Miguel Hernández

---

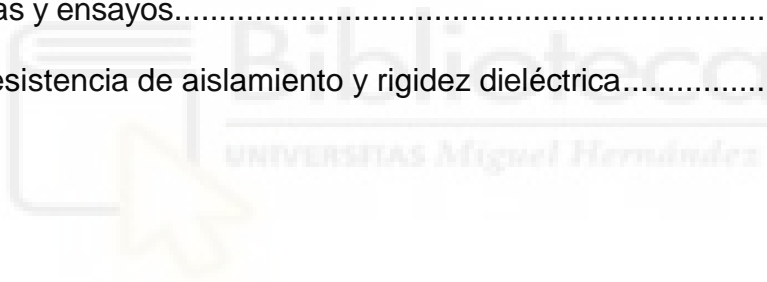
# PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA 4MW TRABAJO FIN DE GRADO

---

## DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES

## Índice Documento III: Pliego de condiciones

Pliego de condiciones.....	110
1- Características de los materiales a utilizar .....	110
2- Conductores.....	110
3- Bases de enchufe y fusibles.....	110
4- Tubos.....	111
5- Cajas DCBox .....	111
6- Puesta a tierra.....	112
7- Interruptores de control de potencia y protección diferencial .....	112
8- Cuadros de montaje.....	113
9- Ejecución de la instalación .....	113
10- Pruebas y ensayos.....	114
10.1- Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.....	115



# Pliego de condiciones

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto cumplimentar lo ya prescrito en la Memoria Descriptiva precedente, señalar los criterios que se han tenido en cuenta al redactar el Proyecto y establecer las condiciones que se deberán cumplir durante la ejecución de la instalación.

## 1- Características de los materiales a utilizar

Todos los materiales serán de primera calidad, de marcas conocidas en el mercado nacional, de tipos y modelos homologados y que cumplan lo establecido en las Normas UNE y CEI. Todo material eléctrico tendrá el certificado de Conformidad Europea (Marcado CE).

## 2- Conductores

Todos los conductores de la instalación interior serán de cobre o aluminio con aislamiento PRC-PVC (RV) o (VV), de tensión aislante 0,6/1 KV. En cada caso se especificará suficientemente en la memoria correspondiente. Los colores para utilizar serán negros, marrones y gris para las fases activas, azul para el conductor neutro y verde-amarillo para el conductor de protección, pudiéndose utilizar el color azul para fase cuando no exista neutro.

## 3- Bases de enchufe y fusibles.

Los interruptores para alumbrado serán al menos de 10 a 250 V, e irán protegidos con sus correspondientes cortacircuitos fusibles.

Los interruptores para fuerza serán de intensidad adecuada a sus receptores, pero como mínimo de 16 A/300 V, e irán protegidos con cortacircuitos fusibles.

Las bases de enchufe para alumbrado serán de 10 A 250 V con protección a tierra. Las bases de enchufe para fuerza serán al menos de 16 A 380 V, con

protección de tierra. Las bases de enchufe previstas para ordenador irán convenientemente rotuladas para distinguirlas del resto.

Todos los mecanismos de interruptores, enchufes y cortocircuitos serán de material aislante, incombustible y no propagador de las llamas.

Todos los interruptores serán de corte unipolar debiendo resistir 10.000 maniobras de apertura y cierre con su carga nominal y a la tensión de trabajo, sin presentar desgaste excesivo o avería.

En fuerza las secciones e interruptores o enchufes, serán adecuados a la potencia de los receptores correspondientes, pero como mínimo, tendrán 1,5 mm en cobre.

Todas las bases irán empotradas en cajas previstas al efecto y adecuadas al mecanismo que alojan.

#### **4- Tubos**

Los tubos para canalizaciones de conductores serán aislantes en material plástico incombustible y no propagador de llamas, de tipos y marcas homologados. En instalación empotrada, se utilizarán tubos flexibles corrugados grado de protección 5, y en instalaciones de superficie tubos rígidos, normalmente curvables en caliente, PVC del tipo Resard o similar. En instalación estanca los tubos aislantes rígidos normalmente curvables en caliente (PVC), o acero, en cuartos de instalaciones como sala de calderas, cuartos de agua etc, con uniones roscadas. Los tubos que se monten por falsos techos serán de tipo flexible con grado de protección 7, anclado al techo con grapa de plástico o yeso.

#### **5- Cajas DCBox**

Las cajas destinadas a la unificación de strings y su protección individual deberán estar provistas de un fusible por cada string y un seccionador de corte general a la salida de esta. Dicho cuadro deberá estar protegido del sol y ser totalmente estanco para prevenir que entre humedad y suciedad.



Las entradas y salidas de la caja deberán ser de igual forma totalmente estancas y con la correspondiente señalización de riesgo eléctrico en el exterior.

## **6- Puesta a tierra**

Por toda la instalación y junto con los conductores activos, se llevará un conductor de tierra de iguales características de aislamiento y tensión nominal que aquellos, pero con color de identificación amarillo-verde. Se conectarán a tierra todos los enchufes, aparatos de alumbrado y partes metálicas de la instalación no sometidas a tensión (cuadros de maniobra, masas de receptores, etc.).

Las secciones del conductor de tierra, en líneas generales y derivaciones, se indican en los correspondientes planos y corresponden con lo establecido en el REBT ITC-BT-18 Tabla 2. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase.

Se realizarán las siguientes instalaciones:

- Ud. instalación de toma de tierra mediante picas o placas para la instalación general del edificio garantizando una resistencia inferior a 7 ohmios.
- Ud. instalación de toma de tierra ídem a la anterior para uso único y exclusivo de grupo electrógeno garantizando una resistencia inferior a 7 ohmios.

Todos los elementos metálicos estarán conectados a la red general de toma de tierra de la instalación.

## **7- Interruptores de control de potencia y protección diferencial**

Los interruptores de control de potencia serán del tipo magnetotérmico, con curva de retardo de corte unipolar, de los calibres adecuados a las potencias a contratar y que se expresen en la memoria y planos.

Los interruptores diferenciales, serán de corte unipolar, de alta sensibilidad (30 mA), para alumbrado y circuitos de fuerza accesibles al público y los equipos de

generación, y de sensibilidad media (300 mA), para los interruptores diferenciales instalados aguas arriba.

Tanto los interruptores magnetotérmicos como los diferenciales serán de marcas y tipos homologados por el Ministerio de Industria y Energía y por la Compañía Suministradora de energía.

## **8- Cuadros de montaje**

Los interruptores de control de potencia y diferenciales de circuitos secundarios se alojarán en armarios destinados a tal fin, de dimensiones suficientes para alojar los mecanismos indicados en los esquemas unifilares, dejando previstos una fila libre para alojar futuras ampliaciones, siendo el cableado mediante conductor instalado en canal de PVC.

El cuadro general dispondrá de cerradura con llave, siendo su cableado mediante pletina de cobre y uniones a los ICP mediante terminales.

Todos los cuadros dispondrán de letreros de indicación de circuitos, los cuales serán de tipo serigrafiado, y pegado al armario con material consistente.

## **9- Ejecución de la instalación**

La instalación será realizada por personal competente, utilizando los medios técnicos actuales para este tipo de trabajos, procurando la mejor ejecución, en cuanto a seguridad, calidad y estética se refieren.

Los diámetros de los tubos y radios de sus curvas, así como la situación de las cajas, serán tales que permitirán introducir y retirar fácilmente los conductores sin perjudicar su aislamiento, no permitiendo la colocación de los tubos con los conductores ya introducidos. El hilo o cable guía para pasar los conductores, se introducirá cuando los tubos y cajas estén ya colocados.

El pelado de los conductores se hará de forma que no se dañe la superficie de estos.

Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán cuidadosamente y con buena unión mecánica, para evitar que la elevación de la temperatura en los

mismos no sea superior a la temperatura máxima admisible de los conductores cuando estén en servicio.

Se procurará repartir la carga entre las distintas fases y circuitos, de forma que no se originen desequilibrios en la red. Los receptores que se instalen deberán presentar un factor de potencia superior a 0,85 en funcionamiento nominal para evitar sobredimensionamientos y calentamientos en la instalación.

Se evitará en los posibles, todo cruce de conducciones con cañerías de agua, gas, vapor, teléfono etc.

Si fuese necesario efectuar alguno de estos cruces, se dispondrá un aislamiento supletorio.

Está absolutamente prohibido utilizar cañerías de agua como neutro o tierra de la instalación.

Los conductores y enchufes no deberán producir arcos eléctricos en conexión o desconexión.

Los fusibles cortacircuitos permitirán sustituir los cartuchos sin riesgo alguno.

Todos los c.c. estarán perfectamente localizados y accesibles, y nunca en el interior de cajas de derivación o bajo elementos decorativos.

En la ejecución de la toma de tierra, se evitará codos o aristas pronunciadas, debiendo ser los cambios de dirección de conductores, lo menos bruscos posibles.

## **10- Pruebas y ensayos**

El director técnico de la instalación podrá establecer cuantas pruebas y ensayos crea convenientes con los materiales utilizados, al objeto de comprobar su calidad, debiendo ser sustituidos los que a su juicio no reúnan las condiciones del proyecto, por mala calidad de los materiales o de ejecución de la instalación.

A la finalización de la instalación, se procurará a las siguientes comprobaciones:

### **10.1- Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica**

La instalación presentará una resistencia de aislamiento por lo menos igual a  $1.000 \times U$  ohmios, siendo  $U$  la tensión máxima de servicio, expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios, esto se refiere a una instalación de la que el conjunto de canalizaciones y para cualquier número de conductores, no exceda de 1.000 m.

En el caso de superar esta longitud, si es posible se irá seccionando por desconexión mediante fusibles, en módulos de 100 m o fracción. Cuando no sea posible el fraccionamiento de la instalación, se admite que el valor de la resistencia de aislamiento de toda la instalación sea, con relación al mínimo que le corresponda, inversamente proporcional a la longitud total de las canalizaciones.

El aislamiento se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador, que proporcione en vacío, una tensión comprendida entre 500 y 1.000 V y como mínimo 250 V, con una carga externa de 100.000 ohmios.

Durante la medida, los conductores, incluyendo el neutro, estarán aislados de tierra, así como la red de suministro de energía. Si las masas de los receptores están unidas al neutro, se suprimirán estas conexiones durante la medida, restableciéndose una vez terminada esta.

La medida de aislamiento con relación a tierra se efectuará uniendo a esta el polo positivo del generador y dejando, en principio, todos los aparatos de utilización conectados, asegurándose que no existe falta de continuidad eléctrica en la parte de la instalación que se verifica. Los aparatos de interrupción se pondrán en posición de cerrado y los cortacircuitos instalados como un servicio normal.

Todos los conductores se conectarán entre sí, incluyendo el neutro, en el origen de la instalación y a este punto se conectará el polo negativo del generador.

Cuando la resistencia de aislamiento obtenida, resultara inferior al valor mínimo que le corresponda, se admitirá que la instalación es, no obstante, correcta, si se cumplen las siguientes condiciones:

- Cada aparato de utilización presentará una resistencia de aislamiento por lo menos igual al valor señalado por la Norma UNE que le concierne o en su defecto 0,5 Ohmios.
- Desconectados los aparatos de utilización, la instalación presenta la resistencia que le corresponde. La medida de aislamiento entre conductores se efectuará después de haber desconectado todos los aparatos de utilización, quedando los interruptores y cortacircuitos en la misma posición que la señalada anteriormente para la medida de aislamiento con relación a tierra.

Las medidas de aislamiento se efectuarán sucesivamente entre los conductores tomados dos a dos, comprendiendo el conductor neutro.

Por lo que respecta a la rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal que desconectados los aparatos de utilización, resista durante 1 minuto una prueba de tensión de  $2 U + 1.000 \text{ V}$  a frecuencia industrial, siendo  $U$  la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V. Este ensayo se realizará para cada uno de los conductores, incluyendo el neutro, con relación a tierra y entre conductores. Durante este ensayo los aparatos de interrupción se pondrán en la posición de cerrado y los cortacircuitos instalados como en servicio normal.

Este ensayo no se realizará en instalaciones correspondientes a locales que presenten riesgo de incendio o explosión.



---

Biblioteca

PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA 4MW  
TRABAJO FIN DE GRADO

---

DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO

## 4- PRESUPUESTO

En este apartado se detallará el coste estimado de la instalación, tomado con la aproximación más cercana a los precios de la actualidad.

En el precio unitario por unidad de material se encuentra añadido el coste que supone la instalación de dicho material para así simplificarlo y obtener una percepción más rápida del coste que supone cada parte de la instalación.

Por la imposibilidad de encontrar el precio de un material de determinado fabricante, se optado por una similitud del producto con otro fabricante.



Presupuesto						
Obra: Proyecto planta fotovoltaica 4MW						
Código	Unidad	Obra civil	Cantidad	Precio unidad	Importe	165.032,22 €
1						
1.1	m2	<b>Acondicionamiento terreno Desbroce y limpieza superficial del terreno</b>	<b>61290</b>	<b>0,50 €</b>	<b>30.645,00 €</b>	
		Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la instalación fotovoltaica: árboles, plantas, maleza, broza, escombros y basuras. Hasta una profundidad no menor de 30cm.				
1.2	m2	<b>Viales de acceso</b>	<b>600</b>	<b>15,24 €</b>	<b>9.144,00 €</b>	
		Formación de los viales de acceso desde la entrada principal de la instalación hasta la vía más cercana. Viales realizados con gravilla compactada.				
1.3	m	<b>Vallado de la parcela</b>	<b>1178</b>	<b>26,50 €</b>	<b>31.217,00 €</b>	
		Vallado de la instalación mediante malla de simple torsión y poste de acero galvanizado con 1 metro de altura. Incluyendo instalación de la misma y apertura de huecos para colocación de los postes.				
1.4	m	<b>Zanjas tipo I</b>	<b>169,6</b>	<b>35,48 €</b>	<b>6.017,41 €</b>	
		Zanja a 700mm de profundidad con 1 tubo enterrado sobre cama de arena. Incluyendo instalación de tubo y cableado correspondiente.				



<b>1.5</b>	<b>m</b>	<b>Zanjas tipo II</b>	<b>260</b>	<b>36,25 €</b>	<b>9.425,00 €</b>
		Zanja a 700mm de profundidad con 2 tubos enterrado sobre cama de arena y separados 50cm. Incluyendo instalación de tubo y cableado correspondiente.			
<b>1.6</b>	<b>m</b>	<b>Zanjas tipo III</b>	<b>172,8</b>	<b>37,32 €</b>	<b>6.448,90 €</b>
		Zanja a 700mm de profundidad con 3 tubos enterrado sobre cama de arena y separados 50cm. Incluyendo instalación de tubo y cableado correspondiente.			
<b>1.7</b>	<b>m</b>	<b>Zanjas tipo IV</b>	<b>194,4</b>	<b>38,40 €</b>	<b>7.464,96 €</b>
		Zanja a 700mm de profundidad con 4 tubos enterrado sobre cama de arena y separados 50cm. Incluyendo instalación de tubo y cableado correspondiente.			
<b>1.8</b>	<b>m</b>	<b>Zanjas tipo V</b>	<b>334</b>	<b>36,12 €</b>	<b>12.064,08 €</b>
		Zanja a 1000mm de profundidad con 1 tubo enterrado sobre cama de arena. Incluyendo instalación de tubo y cableado correspondiente.			
<b>1.9</b>	<b>ud</b>	<b>Caseta tipo I</b>	<b>4</b>	<b>7.321,00 €</b>	<b>29.284,00 €</b>
		Instalación de las casetas para contener los inversores y cuadros de protecciones a la salida de los inversores.			
<b>1.10</b>	<b>ud</b>	<b>Caseta tipo II</b>	<b>1</b>	<b>4.569,00 €</b>	<b>4.569,00 €</b>
		Instalación de la caseta para contener las celdas de media tensión para la unión con el punto de conexión ofrecido por la compañía distribuidora de la zona.			
<b>1.11</b>	<b>ud</b>	<b>Caseta tipo III</b>	<b>1</b>	<b>4.569,00 €</b>	<b>4.569,00 €</b>
		Instalación de la caseta para contener celdas de media tensión y transformador 1.			
<b>1.12</b>	<b>ud</b>	<b>Caseta tipo IV</b>	<b>3</b>	<b>4.569,00 €</b>	<b>13.707,00 €</b>
		Instalación de la caseta para contener celdas de protección y transformadores 2,3 y 4.			

**1.13 ud Arqueta conexiones eléctricas 60x60 3 86,72 € 260,16 €**

Suministro y montaje de arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 60x60x60 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos.

Código	Unidad	Módulos fotovoltaicos	Cantidad	Precio unidad	Importe	1.243.583,68 €
--------	--------	-----------------------	----------	---------------	---------	----------------

2

**2.1 ud Panel Jinko JKM570M-7RL4-V 570W 7200 126,48 € 910.656,00 €**

Panel Kinko 570Wp monocristalino 156 celdas

**2.2 ud DC Box 32 458,84 € 14.682,88 €**

Caja de protecciones para la unión de 15 strings y la monitorización de ellos.

**2.3 ud Estructura paneles (mesas de 30 módulos) 240 1.326,02 € 318.244,80 €**

Estructura fija para paneles a 30 grados de inclinación, formada de acero inoxidable y acero galvanizado. Fijación directamente al suelo mediante las hincas de la propia estructura.

Código	Unidad	Generadores	Cantidad	Precio unidad	Importe	298.672,60 €
--------	--------	-------------	----------	---------------	---------	--------------

3

**3.1 ud Inversor Igeteam 500TL U X400 Outdoor 8 28.749,32 € 229.994,56 €**

Inversor igeteam 500TL U X400 Outdoor 510KVa centralizado, 1MPPT y 8 entradas DC.

**3.2 ud Transformador Ormazabal 1250 Kva 4 17.169,51 € 68.678,04 €**

Transformador aceite Ormazabal 1250Kva 400V/20KV

Código	Unidad	Equipos de protección y control	Cantidad	Precio unidad	Importe	113.349,50 €
	4					
4.1	ud	<b>Seccionador cajas DC 1500V DC 300A</b> Interruptor seccionador, salida cajas strings.	32	358,26 €	11.464,32 €	
4.2	ud	<b>Fusibles strings 20A</b> Fusibles de protección de strings utilizado en las cajas DC.	480	6,50 €	3.120,00 €	
4.3	ud	<b>Cuadro protección salida inversor</b> Cuadro para contener interruptor magnetotérmico y seccionador a la salida de cada inversor.	8	83,20 €	665,60 €	
4.4	ud	<b>Interruptor magnetotérmico y relé diferencial 1000A</b> Interruptor magnetotérmico y relé diferencial con capacidad de hasta 1000 <sup>a</sup> .	8	460,59 €	3.684,72 €	
4.5	ud	<b>Seccionador AC 1250A</b> Seccionador AC 1250A a la salida del inversor.	8	379,98 €	3.039,84 €	
4.6	ud	<b>Celda MT Línea</b> Celda de entrada de línea, metálica, prefabricada de aislamiento en SF6 del tipo CAS de MESA o similar, de 24 kV de tensión asignada y 125 kV de tensión de prueba, grado de protección IP65 para los componentes de alta tensión e IP30 para los de baja. La intensidad asignada en barras y derivaciones será 400 A y 200 A respectivamente, a 40°C y 25 kA de corriente de corta duración (1 s).	8	6.845,31 €	54.762,48 €	
4.7	ud	<b>Celda MT Protección con fusibles</b> Celda de protección con fusibles, metálica, prefabricada de aislamiento en SF6 del tipo CAS de MESA o similar, de 24 kV de tensión asignada y 125 kV de tensión de prueba, grado de protección IP65 para los componentes de alta tensión e IP30 para los de baja. La intensidad asignada en barras y derivaciones será 400 A y 200 A respectivamente, a 40°C y 25 kA de corriente de corta duración (1 s).	5	4.045,54 €	20.227,70 €	

<b>4.8</b>	<b>ud</b>	<b>Celda MT Medida</b>	<b>1</b>	<b>7.259,62 €</b>	<b>7.259,62 €</b>
		Cabina de Medida y Remonte de Cables de 15 kV de aislamiento en aire de 24 kV, compuesta por: juego trifásico barras Cu + barra de tierra Cu 75mm <sup>2</sup> , 1250 A y 630 A de intensidad térmica asignada en barras y ramas respectivamente, a 40°C y 25 kA de corriente de corta duración (1 s.).			
<b>4.9</b>	<b>ud</b>	<b>Celda MT Interruptor pasante</b>	<b>1</b>	<b>4.263,42 €</b>	<b>4.263,42 €</b>
		Posición de Transformador de SS.AA. de 15 kV de aislamiento en aire de 24 kV, compuesta por: juego trifásico barras Cu + barra de tierra Cu 75mm <sup>2</sup> + 24 kV, 1250 A y 630 A de intensidad térmica asignada en barras y ramas respectivamente, a 40°C y 25 kA de corriente de corta duración (1 s.).			
<b>4.10</b>	<b>ud</b>	<b>Celda MT Protección con interruptor automático</b>	<b>1</b>	<b>4.861,80 €</b>	<b>4.861,80 €</b>
		Celda de protección con interruptor automático, metálica, prefabricada de aislamiento en SF6 del tipo CAS de MESA o similar, de 24 kV de tensión asignada y 125 kV de tensión de prueba, grado de protección IP65 para los componentes de alta tensión e IP30 para los de baja. La intensidad asignada en barras y derivaciones será 400 A y 200 A respectivamente, a 40°C y 25 kA de corriente de corta duración (1 s.).			
<b>4.11</b>	<b>ud</b>	<b>Picas puesta a tierra 1,5m</b>	<b>48</b>	<b>20,62 €</b>	<b>989,76 €</b>
		Picas de cobre para puesta a tierra de 1.5m de longitud y 14mm <sup>2</sup> de sección.			

Código	Unidad	Cableado	Cantidad	Precio unidad	Importe	195.690,00 €
--------	--------	----------	----------	---------------	---------	--------------

5

<b>5.1</b>	<b>m</b>	<b>Cable 1,5KV 6mm<sup>2</sup> Cu</b>	<b>18729</b>	<b>2,14 €</b>	<b>40.080,06 €</b>
		Montaje e instalación de cable eléctrico unipolar "PRYSMIAN", resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 6 mm <sup>2</sup> de sección.			

<b>5.2</b>	<b>m</b>	<b>Cable 1,5KV DC 240mm2 Cu</b>	<b>2007</b>	<b>47,77 €</b>	<b>95.874,39 €</b>
		Montaje e instalación de cable eléctrico unipolar "PRYSMIAN", resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 240 mm <sup>2</sup> de sección.			
<b>5.3</b>	<b>m</b>	<b>Cable 1,5KV AC 150mm2 Cu</b>	<b>702</b>	<b>29,86 €</b>	<b>20.961,72 €</b>
		Montaje e instalación de cable eléctrico unipolar "PRYSMIAN", resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 150 mm <sup>2</sup> de sección.			
<b>5.4</b>	<b>m</b>	<b>Cable 1,5KV AC 70mm2 Cu</b>	<b>702</b>	<b>13,93 €</b>	<b>9.778,86 €</b>
		Montaje e instalación de cable eléctrico unipolar "PRYSMIAN", resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 70 mm <sup>2</sup> de sección.			
<b>5.5</b>	<b>m</b>	<b>Cable MT 18/20 KV 50mm2 Al</b>	<b>690</b>	<b>7,56 €</b>	<b>5.216,40 €</b>
		Montaje e instalación de cable eléctrico unipolar, Al "PRYSMIAN", aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo Al RH5Z1 12/24 kV, tensión nominal 12/24 kV, reacción al fuego clase Fca, rígido (clase 2), de 1x50 mm <sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).			

<b>5.6</b>	<b>m</b>	<b>Cable MT 18/20 KV 95mm2 Al</b>	<b>339</b>	<b>9,47 €</b>	<b>3.210,33 €</b>
		Montaje e instalación de cable eléctrico unipolar, Al "PRYSMIAN", aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo Al RH5Z1 12/24 kV, tensión nominal 12/24 kV, reacción al fuego clase Fca, rígido (clase 2), de 1x95 mm <sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).			
<b>5.7</b>	<b>m</b>	<b>Cable desnudo 25mm2 Cu</b>	<b>4452</b>	<b>4,62 €</b>	<b>20.568,24 €</b>
		Montaje e instalación de cable eléctrico unipolar, puesta a tierra general. Suministro de cable de cobre desnudo de 25 mm <sup>2</sup> de sección, enterrado.			

Código	Unidad	Monitorización	Cantidad	Precio unidad	Importe	25.462,39 €
6						
<b>6.1</b>	<b>ud</b>	<b>Datalogger Meteocontrol</b>	<b>1</b>	<b>1.562,99 €</b>	<b>1.562,99 €</b>	
		Datalogger del fabricante Meteocontrol para la monitorización completa de la planta, control de inversores, strings y datos meteorológicos.				
<b>6.2</b>	<b>ud</b>	<b>Sensor irradiación</b>	<b>1</b>	<b>421,00 €</b>	<b>421,00 €</b>	
		Sensor de irradiación para conocer con detalle la cantidad de energía disponible.				
<b>6.3</b>	<b>ud</b>	<b>Anemómetro</b>	<b>1</b>	<b>315,00 €</b>	<b>315,00 €</b>	
		Anemómetro para conocer la cantidad de viento y así saber como afecta a los paneles fotovoltaicos.				
<b>6.4</b>	<b>ud</b>	<b>Sensor temperatura del módulo</b>	<b>1</b>	<b>245,00 €</b>	<b>245,00 €</b>	
		Sensor para conocer la temperatura del módulo en cada momento para estimar el rendimiento disponible.				

6.5	ud	<b>Power Plant Controler</b>	1	4.200,00 €	4.200,00 €
		Datalogger conectado a la celda de medida de la planta con acceso a la compañía distribuidora y propietario de planta para así conocer la calidad de la señal inyectada a red, control del factor de potencia y corte en caso de emergencia.			
6.6	m	<b>Cable comunicación RS485</b>	100	0,42 €	42,00 €
		Cable de comunicación RS485 para la conexión de los distintos sensores y las entradas al datalogger de los inversores y tarjetas DCBox			
6.7	m	<b>Cable comunicación fibra óptica</b>	1026	2,28 €	2.339,28 €
		Cable de fibra optica para recorridos de larga distancia entre inversores y la conexión en serie de todas las cajas DC			
6.8	ud	<b>Convertidor fibra optica-rs485</b>	2	248.24 €	496,48 €
		Convertidor de fibra óptica a RS485 a la entrada del datalogger			
6.9	ud	<b>Tarjetas monitorización 16 strings DCBox</b>	32	495.02 €	15.840,64 €
		Tarjetas de comunicación para monitorizar 16 string ubicadas en las cajas DC.			

Código	Unidad	Punto de conexión	Cantidad	Precio unidad	Importe	
	7 Ud	<b>Punto de conexión</b>	1	35.000 €	35.000 €	35.000 €
Codigo	Unidad	Seguridad y Salud	Cantidad	Precio unidad	Importe	20.538,24 €
	8 ud	<b>Presupuesto seguridad y salud</b>	1	20.538,24 €	20.538,24 €	
Codigo	Unidad	Gestión de residuos	Cantidad	Precio unidad	Importe	3.967,93 €
	9 ud	<b>Presupuesto Gestión de residuos</b>	1	3.967,93 €	3.967,93 €	

**4.1- Resumen presupuesto**

<b>CAPÍTULO</b>	<b>IMPORTE</b>
1 Obra civil	165.032,22 €
2 Módulos fotovoltaicos	1.243.583,68 €
3 Generadores	298.672,60 €
4 Equipos de protección y control	113.349,50 €
5 Cableado	195.690,00 €
6 Monitorización	25.462,39 €
7 Punto de conexión	35.000,00 €
8 Seguridad y salud	20.538,24 €
9 Gestión de residuos	3.967,93 €
<b>TOTAL, PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>2.101.296,56 €</b>
<p>ASCIENDE EL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL A LA CANTIDAD DE DOS MILLONES CIENTO Y UN MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CENTIMOS.</p>	
<b>Gastos generales (13%)</b>	273.168,55 €
<b>Beneficio industrial (6%)</b>	126.077,79 €
<b>TOTAL, PRESUPUESTO</b>	<b>2.500.542,91 €</b>

ASCIENDE EL PRESUPUESTO TOTAL A LA CANTIDAD TOTAL DE DOS MILLONES QUINIENTOSMIL QUINIENTOS CUARENTA Y DOS EUROS CON NOVENTA Y UN CENTIMOS.



	<b>IVA</b>	525.114,01 €
<b>TOTAL, PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>		<b>3.025.656,92 €</b>

ASCIENDE EL PRESUPUESTO TOTAL A LA CANTIDAD TOTAL DE TRES MILLONES VEINTE Y CINCO MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS CON NOVENTA Y DOS CENTIMOS.





---

PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA 4MW  
TRABAJO FIN DE GRADO

---

ANEXO I: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS

## Índice Anexo I: Gestión de residuos

Anexo I: Gestión de residuos.....	131
1- Normativa .....	131
2- Identificación de residuos .....	131
3- Medidas .....	132
3.1- Medidas de minimización .....	132
3.2- Medidas de separación .....	132
4- Gestión de residuos.....	133



## Anexo I: Gestión de residuos

En este anexo se estima la cantidad de residuos generados en la instalación de la planta fotovoltaica y se detalla una serie de recomendaciones y normas para su tratamiento adecuadamente.

Este documento oficial tiene como objetivo que los residuos que se generan de las obras necesarias para la instalación sean reutilizados o reciclados lo máximo posible así reduciendo el desperdicio.

### 1- Normativa

- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.
- DIRECTIVA (UE) 2018/851 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

### 2- Identificación de residuos

En la siguiente tabla se detallan los residuos generados en el proceso de construcción de la instalación, consultando la lista europea de residuos (LER):

<b>Código LER</b>	<b>Descripción</b>
020107	Residuos silvicultura
150102	Envases de plástico
150104	Envases metálicos
150202	Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras

170101	Hormigón
170201	Madera
170203	Plástico
170405	Hierro y acero
200101	Papel y cartón
170904	Residuos mezclados de construcción y demolición

Tabla 1: Lista de residuos

### 3- Medidas

Con la finalidad de reducir lo máximo posible los residuos citados anteriormente se tomarán las siguientes medidas:

#### 3.1- Medidas de minimización

- Realización de inventario de residuos.
- Nombramiento de responsable de residuos.
- Utilización de materiales prefabricados.
- Utilización de materiales reutilizables.
- Control y medición en la recepción de material.
- Utilización de envases y embalajes reciclables.
- Implantación de medidas de vigilancia y control de vertidos incontrolados

#### 3.2- Medidas de separación

Se dispondrá de contenedores específicos para cada material para así facilitar la recogida y la correcta separación. Aquellos residuos en los que no se disponga de una cantidad mínima para la colocación de un contenedor, podrá depositar en un mismo contenedor hasta el momento de su recogida.

Teniendo las siguientes medidas de separación:

- Separación en bidones de los posibles residuos peligrosos
- Acondicionamiento de zonas para efectuar la separación de RCDS
- Nombramiento de responsable de control y supervisión de la separación de RCDS
- Utilización de contenedores públicos para residuos biodegradables.
- Utilización de envases para separación de RCDS
- Identificación de residuos mediante etiquetas o símbolos

#### **4- Gestión de residuos**

Para la correcta gestión de residuos durante la ejecución de la obra se tratará de darle las siguientes actuaciones:

##### **Reutilización:**

Se tratará de darle en medida de lo posible una segunda utilidad a los residuos como en el caso de las tierras procedentes de la excavación, se utilizará para relleno y explanación. El excedente se depositará en un vertedero para la correcta acumulación.

##### **Valorización:**

Mediante una correcta valorización se elimina la necesidad de enviar los residuos generados al vertedero, reduciendo así el posible impacto medioambiental. Las diferentes formas de valorizar un residuo son:

- Entrega de residuos a un gestor de RCDS autorizado.
- Reciclado de sustancias orgánicas.
- Reciclado de compuestos metálicos.
- Reciclado de hormigones, gravas y arenas.

##### **Eliminación:**

Aquellos residuos que no sean valorizados ni reutilizados se pasarán al paso de la eliminación. Serán almacenados en contenedores y recogidos por una empresa gestora de residuos autorizada, la cual depositará los residuos en un vertedero autorizado.

## 5- Valoración económica

<b>Código LER</b>	<b>Descripción</b>	<b>Partida total €</b>
020107	Residuos silvicultura	1467.30 €
150102	Envases de plástico	20.94 €
150104	Envases metálicos	32,84 €
150202	Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras	645.20 €
170101	Hormigón	128.45 €
170201	Madera	49.50 €
170203	Plástico	26,78 €
170405	Hierro y acero	96.64 €
200101	Papel y cartón	265.97 €
170904	Residuos mezclados de construcción y demolición	1234.21 €
	Total	3967.93 €

Tabla 2: Valoración económica



---

PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA 4MW  
TRABAJO FIN DE GRADO

---

ANEXO II: CÁLCULOS ELÉCTRICOS



## Índice Anexo II: Cálculos eléctricos

Anexo II: Cálculos eléctricos.....	137
1- Inversor- Cajas DC .....	137
2- Strings.....	138



# Anexo II: Cálculos eléctricos

## 1- Inversor- Cajas DC

Inversor	Dc Box	L(m)	Icc	I dimensionamiento	Kresistividad	Ka-400mm	Kprofundidad	I corregida	Sección elegida (mm)	e(V)	Inominal	Conductividad	Sección (mm)	Sección (mm)	e(V)	Sección elegida	e(V) % Tramo 2
1	1	24,8	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	21,1179563	240	0,876857143	0,13%	
	2	46,5	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	39,5961681	240	1,644107143	0,25%	
	3	79	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	67,2709093	240	2,793214286	0,42%	
	4	100,6	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	85,663968	240	3,556928571	0,54%	
2	1	24,8	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	21,1179563	240	0,876857143	0,13%	
	2	46,5	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	39,5961681	240	1,644107143	0,25%	
	3	79	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	67,2709093	240	2,793214286	0,42%	
	4	100,6	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	85,663968	240	3,556928571	0,54%	
3	1	24,8	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	21,1179563	240	0,876857143	0,13%	
	2	46,5	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	39,5961681	240	1,644107143	0,25%	
	3	79	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	67,2709093	240	2,793214286	0,42%	
	4	100,6	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	85,663968	240	3,556928571	0,54%	
4	1	24,8	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	21,1179563	240	0,876857143	0,13%	
	2	46,5	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	39,5961681	240	1,644107143	0,25%	
	3	79	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	67,2709093	240	2,793214286	0,42%	
	4	100,6	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	85,663968	240	3,556928571	0,54%	
5	1	24,8	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	21,1179563	240	0,876857143	0,13%	
	2	46,5	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	39,5961681	240	1,644107143	0,25%	
	3	79	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	67,2709093	240	2,793214286	0,42%	
	4	100,6	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	85,663968	240	3,556928571	0,54%	
6	1	24,8	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	21,1179563	240	0,876857143	0,13%	
	2	46,5	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	39,5961681	240	1,644107143	0,25%	
	3	79	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	67,2709093	240	2,793214286	0,42%	
	4	100,6	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	85,663968	240	3,556928571	0,54%	
7	1	24,8	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	21,1179563	240	0,876857143	0,13%	
	2	46,5	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	39,5961681	240	1,644107143	0,25%	
	3	79	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	67,2709093	240	2,793214286	0,42%	
	4	100,6	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	85,663968	240	3,556928571	0,54%	
8	1	24,8	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	21,1179563	240	0,876857143	0,13%	
	2	46,5	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	39,5961681	240	1,644107143	0,25%	
	3	79	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	67,2709093	240	2,793214286	0,42%	
	4	100,6	202,8	253,5	1	0,85	1	298,235294	240	9,96525	193,05	45,5	85,663968	240	3,556928571	0,54%	

## 2- Strings

Box	string	L(m)	corriente CC	I dimensionamiento	Kt	Ka	I corregida	Sección elegida (mm)	e(V)	Inominal	Conductividad	Sección (mm)	Sección (mm)	e(V)	e(V)% Tramo 1	e(V)% Tramo 2	e(V)% Total
1	1	65,1	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	3,695642357	6	6,138	0,92%	0,13%	1,06%
	2	65,1	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	3,695642357	6	6,138	0,92%	0,13%	1,06%
	3	48	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,724897591	6	4,52571429	0,68%	0,13%	0,81%
	4	48	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,724897591	6	4,52571429	0,68%	0,13%	0,81%
	5	31	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,759829694	6	2,92285714	0,44%	0,13%	0,57%
	6	31	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,759829694	6	2,92285714	0,44%	0,13%	0,57%
	7	54,3	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	3,082540399	6	5,11971429	0,77%	0,13%	0,90%
	8	54,3	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	3,082540399	6	5,11971429	0,77%	0,13%	0,90%
	9	37,2	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,111795633	6	3,50742857	0,53%	0,13%	0,66%
	10	37,2	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,111795633	6	3,50742857	0,53%	0,13%	0,66%
	11	20,2	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,146727736	6	1,90457143	0,29%	0,13%	0,42%
	12	20,2	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,146727736	6	1,90457143	0,29%	0,13%	0,42%
	13	49,4	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,80437377	6	4,65771429	0,70%	0,13%	0,83%
	14	49,4	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,80437377	6	4,65771429	0,70%	0,13%	0,83%
	15	32,2	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,827952134	6	3,036	0,46%	0,13%	0,59%
2	1	48	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,724897591	6	4,52571429	0,68%	0,25%	0,93%
	2	31	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,759829694	6	2,92285714	0,44%	0,25%	0,69%
	3	31	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,759829694	6	2,92285714	0,44%	0,25%	0,69%
	4	54,4	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	3,088217269	6	5,12914286	0,77%	0,25%	1,02%
	5	54,4	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	3,088217269	6	5,12914286	0,77%	0,25%	1,02%
	6	37,3	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,117472503	6	3,51685714	0,53%	0,25%	0,78%
	7	37,3	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,117472503	6	3,51685714	0,53%	0,25%	0,78%
	8	20,3	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,152404606	6	1,914	0,29%	0,25%	0,54%
	9	20,3	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,152404606	6	1,914	0,29%	0,25%	0,54%
	10	49,4	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,80437377	6	4,65771429	0,70%	0,25%	0,95%
	11	49,4	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,80437377	6	4,65771429	0,70%	0,25%	0,95%
	12	32,3	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,833629004	6	3,04542857	0,46%	0,25%	0,71%
	13	32,3	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,833629004	6	3,04542857	0,46%	0,25%	0,71%
	14	15,3	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	0,868561107	6	1,44257143	0,22%	0,25%	0,46%
	15	15,3	13,52	16,9	1	0,75	22,53333333	4	9,96525	12,87	45,5	0,868561107	6	1,44257143	0,22%	0,25%	0,46%

Box	string	L(m)	corriente CC	I dimensionamiento	Kt	Ka	I corregida	Sección elegida (mm)	e(V)	Inominal	Conductividad	Sección (mm)	Sección (mm)	e(V)	e(V)% Tramo 1	e(V)% Tramo 2	e(V)% To	
3	1	65,1	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87	45,5	3,695642357	6	6,138	0,92%	0,42%		
	2	65,1	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87	45,5	3,695642357	6	6,138	0,92%	0,		
	3	48	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,724897591	6	4,52571429	0,68%			
	4	48	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,724897591	6	4,52571429	0,6			
	5	31	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,759829694	6	2,92285714				
	6	31	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87	45,5	1,759829694	6	2,922857				
	7	54,3	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87	45,5	3,082540399	6	5				
	8	54,3	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87	45,5	3,082540399	6					
	9	37,2	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,111795633						
	10	37,2	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87	45,5	2,11179						
	11	20,2	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87	45,5	1						
	12	20,2	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87	45,5							
	13	49,4	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87								
	14	49,4	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525	12,87								
	15	32,2	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,96525									
4	1	48	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4	9,965									
	2	31	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4										
	3	31	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333	4										
	4	54,4	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333											
	5	54,4	13,52	16,9	1	0,75	22,5333333											
	6	37,3	13,52	16,9	1	0,75	22,53											
	7	37,3	13,52	16,9	1	0,7												
	8	20,3	13,52	16,9														
	9	20,3	13,52	16,9														
	10	49,4	13,52															
	11	49,4	13,52															
	12	32,3																
	13	3																



---

PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA 4MW  
TRABAJO FIN DE GRADO

---

ANEXO III: FICHAS TÉCNICAS

# Índice Anexo III: Fichas técnicas

Anexo III: FICHAS TÉCNICAS .....	142
1- Módulo fotovoltaico .....	142
2- Estructura módulo fotovoltaico .....	144
3- DCBox .....	146
4- Inversor .....	149
5- Celdas MT .....	153
6- Cables DC .....	164
7- Cables AC.....	167

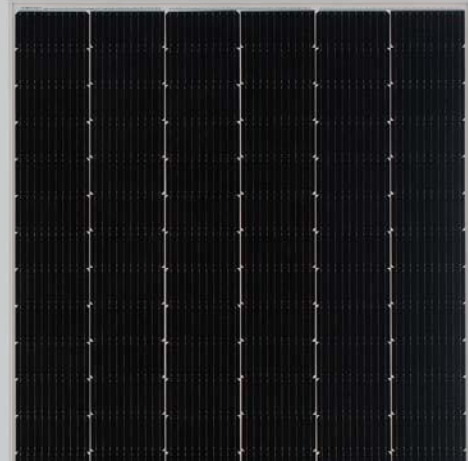


# TR 78M 555-575 Watt Mono-facial

Tiling Ribbon (TR) Technology

Positive power tolerance of 0~+3%

## TIGER Pro



### KEY FEATURES



#### TR technology + Half Cell

TR technology with Half cell aims to eliminate the cell gap to increase module efficiency (mono-facial up to 21.40%)



#### MBB instead of 5BB

MBB technology decreases the distance between bus bars and finger grid line which is benefit to power increase.



#### Higher lifetime Power Yield

2% first year degradation,  
0.55% linear degradation



#### Best Warranty

12 year product warranty,  
25 year linear power warranty



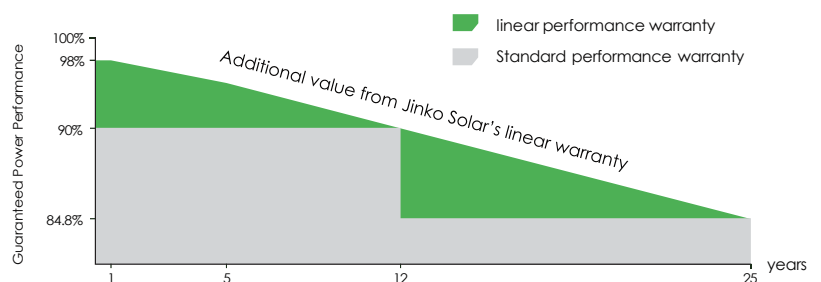
#### Strengthened Mechanical Support

5400 Pa snow load, 2400 Pa wind load



### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

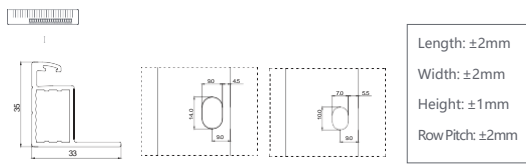
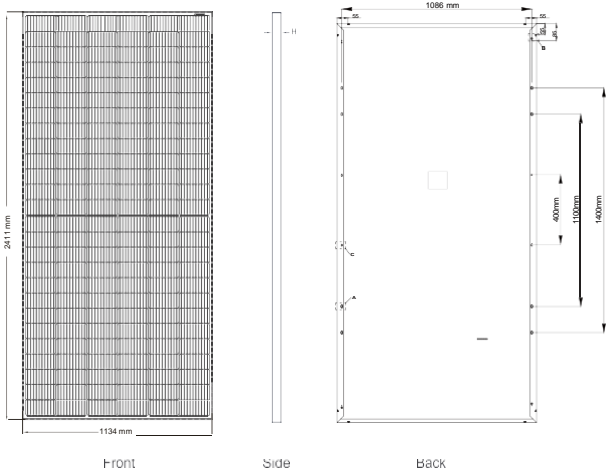
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty  
0.55% Annual Degradation Over 25 years



ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001:2018 certified factory

IEC61215(2016), IEC61730(2016) certified product

## Engineering Drawings

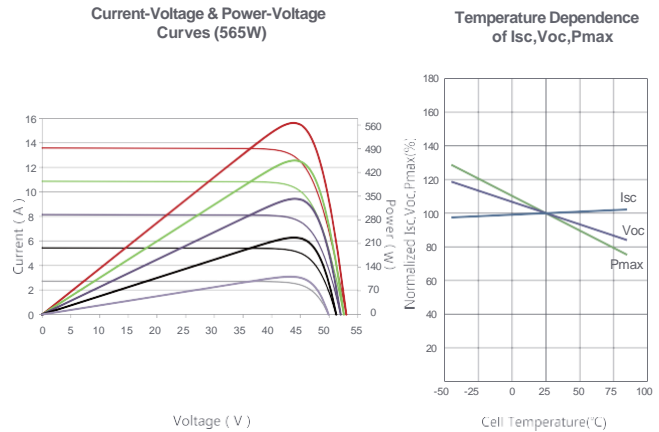


## Packaging Configuration

( Two pallets = One stack )

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 496pcs/ 40'HQ Container

## Electrical Performance & Temperature Dependence



## Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2×78)
Dimensions	2411×1134×35mm (94.92×44.65×1.38 inch)
Weight	30.6 kg (67.5 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm <sup>2</sup> (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM555M-7RL4-V		JKM560M-7RL4-V		JKM565M-7RL4-V		JKM570M-7RL4-V		JKM575M-7RL4-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	555Wp	413Wp	560Wp	417Wp	565Wp	420Wp	570Wp	424Wp	575Wp	428Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	43.95V	40.96V	44.06V	41.05V	44.18V	41.13V	44.29V	41.25V	44.40V	41.33V
Maximum Power Current (Imp)	12.63A	10.08A	12.71A	10.15A	12.79A	10.22A	12.87A	10.28A	12.95A	10.35A
Open-circuit Voltage (Voc)	53.44V	50.44V	53.54V	50.54V	53.64V	50.63V	53.74V	50.72V	53.84V	50.82V
Short-circuit Current (Isc)	13.26A	10.71A	13.35A	10.78A	13.44A	10.86A	13.52A	10.92A	13.61A	10.99A
Module Efficiency STC (%)	20.30%		20.48%		20.67%		20.85%		21.03%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

\* STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> Cell Temperature 25°C

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup> Ambient Temperature 20°C

AM=1.5

AM=1.5

Wind Speed 1m/s



**SOLAR**

*Mejora bifacial*

Biblioteca  
UNIVERSITAS Miguel Hernández



**PVH**  
pvhardware.com

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

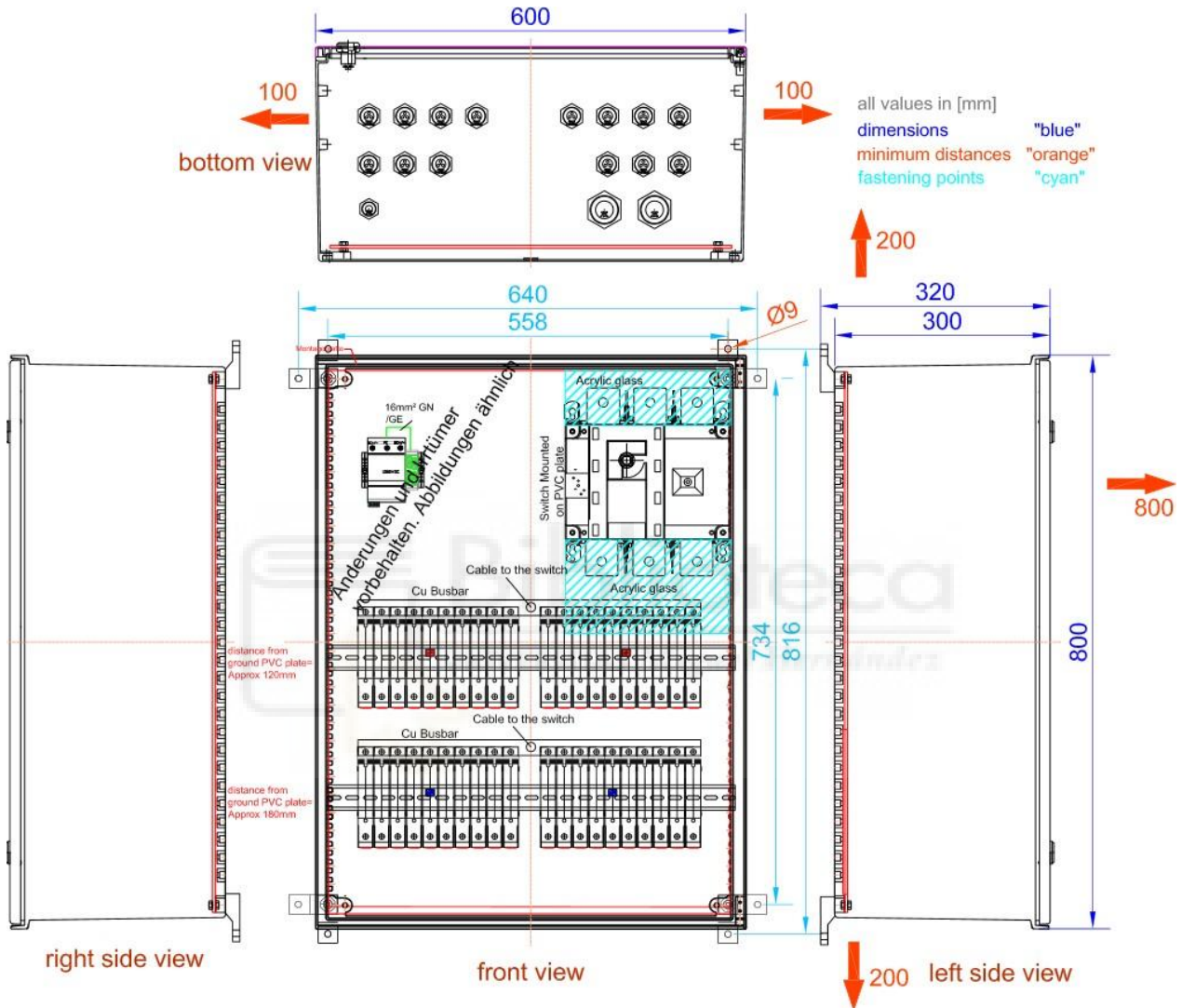
Coefficiente de ocupación de suelo de la estructura	30-50%, dependiendo de la configuración
Tipos de módulos	Todos los módulos disponibles del mercado (capa fina y bifacial incluidos)
Grado de inclinación del terreno	N-S: ilimitado, E-O: hasta 14%
Adaptabilidad del módulo	100%
Montaje del módulo	Montaje directo sobre la correa
Materiales de la estructura	Magnelisy Acero galvanizado en caliente por ASTM A123 o ISO 1461
Carga de viento permitida	Estructura adaptada a las condiciones específicas del lugar hasta 120 mph / 193 km/h
Conexión a tierra	Cimentado por medio de equipos de fijación a tierra estriado
Fabricación en el emplazamiento	No
Formación y puesta en marcha en el emplazamiento	Sí
Garantías estándar	Estructura: 25 años
Adaptación estructural a códigos locales	Verificado/certificado por empresas de ingeniería externas especializadas en estructuras solares (si se requiere)



# DATA SHEET

## DC - generator junction box

enwitec-order-number	10013883
Customer-article-number	
Type designation	GAK-enwitec-S-1500-20S(x2)x-T400-BC-PES-1.0_240mm <sup>2</sup>



Scope of delivery			
Description	Order-nr.	Pcs	Comment
general installation instructions for GJB	10011928	1	
Cable Gland M25x1.5 with 3x sealing insert	10011305	14	
Locknut M25x1.5	10000723	14	
Blind Plug	10007139	4	
Hugro Cable Gland M40x1.5	10012185	2	
Locknut M40x1.5	10000725	2	
Cable Gland M20x1.5	10000737	1	
Locknut M20x1.5	10000722	1	

# DATA SHEET

## DC - generator junction box

### TECHNICAL DATA

• applicable / - not applicable

Rated insulation voltage $U_i$	[VDC]	1500
Number of isolated MPP-input(s)	[n]	1
Rated operating voltage $U_e$	[VDC]	1500
Rated operating current $I_{nA}$ ( $= \sum I_{SCSTC}$ )	[ADC]	240
Dimensioning value* $I_{SCMAX}$ ( $= \sum I_{SCSTC} \times 1,25$ )	[ADC]	300
Max. number of PV-strings	[n]	20

#### Per string

Rated operating current $I_{nc}$ ( $= I_{SCSTC}$ )	[ADC]	12
Dimensioning value* $I_{SCMAX}$ ( $= I_{SCSTC} \times 1,25$ )	[ADC]	15
Fuse in the "+" potential	•/-	•
Fuse in the "-" potential	•/-	•
Fuse inserted at factory setting	•/-	-
Rated current value at factory setting	[A]	-

#### Load circuit breaker

Thermal current $I_{th}$ at 60°C	[A]	400
Utilization category acc. DIN EN 60947-3		DC-21B
Manufacturer and type designation		Socomec

#### Surge protective device (SPD)

test category acc. EN 61643-11 (type)		Type 1+2/BC
max. continuous operating voltage $U_{cpv}$	[VDC]	1500
only type 1: impulse current max. $I_{imp}$ 10/350	[kA]	5 per pole

#### Input (for PV-generator)

Cable entry		
Cable glands (EN 50262)	•/-	• 14x threefold-M25
Clamping range	[Ømm]	5-7

#### Terminals

"+" potential / "-" potential	+PLUS	-MINUS
Screw terminal/spring clamp	Screw	Screw
Insulation stripping length	[mm]	12 12
Tightening torque	[Nm]	2 2

#### Wire cross-section (from-to)

Cu - finely stranded with end sleeve	[mm <sup>2</sup> ]	0.75...16	0.75...16
Cu - finely stranded without end sleeve	[mm <sup>2</sup> ]	-	-
Cu- solid or stranded	[mm <sup>2</sup> ]	1...16	1...16

#### Output (for PV-inverter)

Cable entry		
Cable glands (EN 50262)	•/-	• 2x M40
Clamping range	[Ømm]	18-32

\*

the dimensioning value  $I_{SCMAX}$ , acc. to VDE 0100-712:2016-10, implies the factor 1,25 for  $I_{SCSTC}$  of the PV module, or of the PV string.

\*\* Cable lugs are not included in delivery. Bimetal cable lugs must be used on aluminum cables!

When connecting aluminum conductors, the practice-oriented processing guidelines must be observed!

The contact surfaces of the aluminum conductors are to be cleaned, brushed and treated with suitable grease.

#### Terminals

Screw terminal/spring clamp		M12** connection for cable lugs
Insulation stripping length	[mm]	-
Tightening torque	[Nm]	20-26
Appropriate conductor material	Al/Cu	Al**/Cu
Wire cross-section (from-to)		
Cu - solid or stranded	[mm <sup>2</sup> ]	Max. 240
Alu - round, solid	[mm <sup>2</sup> ]	Max. 240
Alu - round, stranded	[mm <sup>2</sup> ]	Max. 240
Alu - sector, solid	[mm <sup>2</sup> ]	Max. 240
Alu - sector, stranded	[mm <sup>2</sup> ]	Max. 240

#### Connection to ground

Cable entry		
Cable glands (EN 50262)	•/-	• 1x M20
Clamping range	[Ømm]	6-13

#### Terminals

Screw terminal/spring clamp		Screw
Insulation stripping length	[mm]	19
Tightening torque	[Nm]	2.5
Appropriate conductor material	Al/Cu	Cu
Wire cross section		
Cu-finely stranded with end sleeve	[mm <sup>2</sup> ]	Max. 16
Cu-finely stranded without end sleeve	[mm <sup>2</sup> ]	-
Cu-solid or stranded	[mm <sup>2</sup> ]	Max. 25
Alu - round, solid	[mm <sup>2</sup> ]	-
Alu - round, stranded	[mm <sup>2</sup> ]	-
Alu - sector, solid	[mm <sup>2</sup> ]	-
Alu - sector, stranded	[mm <sup>2</sup> ]	-

#### GENERAL DATA

Dimension (WxHxD)	[mm]	600 x 800 x 300
Weight	[kg]	Approx.33
Operating temperature range	[°C]	-25°C - + 35
Derating above temperature	[°C]	-
Transport and storage temperature	[°C]	-25°C - + 35
Humidity - condensing permitted	•/-	•
Humidity within the range of	[%]	5...95
Max. altitude above sea level NN	[m]	2000
Protection class IP (EN 60529)		65
Outdoor-application permitted	•/-	•
Protection against electric shock (EN 61140)		II
Cabinet material		PES Polyester
RoHS-conformity (2011/65/EU)	•/-	•
Colour of cabinet		Similar to RAL7035
Way of mounting		Wall mounting
Quantity of expanded clay (only ground mounting)	[l]	-
Locking system		Double bit lock

# DATA SHEET

## DC - generator junction box

### Relevant standards

Switching devices	EN 61439-1 EN 61439-2
PV power supply systems	DIN IEC 60364-7-712

### Miscellaneous

Customs tariff number	85372091
-----------------------	----------

### Spare parts

	Order-nr.



## INVERSORES CENTRALES SIN TRANSFORMADOR CON CONFIGURACIÓN MAESTRO-ESCLAVO



## 500TL U X400 Outdoor / 750TL U X400 Outdoor / 1000TL U X400 Outdoor

El inversor central con configuración Maestro-Esclavo, en cualquiera de sus modalidades, presenta de dos a cuatro bloques de potencia conectados en paralelo al mismo generador fotovoltaico y al mismo transformador de media tensión.

### Acometidas DC y AC en el mismo armario

Las acometidas de entrada y de salida están integradas en el mismo armario, lo cual facilita las labores de mantenimiento y reparación.

### Máximos valores de eficiencia

El uso de novedosas topologías de conversión electrónica permite alcanzar valores de eficiencia de hasta el 98,8%. Un avanzado algoritmo de control determina los módulos que deben funcionar en cada momento, repartiendo la carga de trabajo en función de la potencia fotovoltaica disponible y el número de horas de funcionamiento de cada módulo. De esta forma se maximiza la eficiencia y la vida útil del equipo. En los periodos de baja irradiancia se aumenta el rendimiento hasta en 1,8 puntos.

### Prestaciones mejoradas

La nueva gama de inversores INGECON® SUN PowerMax U presenta una calderería renovada y mejorada que, junto a un novedoso sistema de refrigeración por aire, permite un aumento de la temperatura ambiente de trabajo, entregando su potencia nominal hasta 122°F (50°C).

### Múltiples equipos para múltiples proyectos

Los inversores PowerMax U ofrecen la máxima adaptabilidad a todo tipo de proyectos de ingeniería. Esto es posible gracias a su amplio rango de potencias de salida y a sus diversas configuraciones posibles.

### Protección máxima

Estos equipos trifásicos disponen de un seccionador DC de apertura en carga motorizado para desacoplar el generador fotovoltaico del inversor. Opcionalmente, los inversores Power Max U pueden incorporar kit de puesta a tierra y fusibles DC.



500TL U X400 Outdoor / 750TL U X400 Outdoor / 1000TL U X400 Outdoor

**Diseño duradero**

El diseño de estos equipos, junto a las pruebas de estrés a las que son sometidos, permite garantizar una vida útil de más de 20 años. Garantía estándar de 5 años, ampliable hasta 25 años.

**Soporte de red**

La familia INGECON® SUN PowerMax U está preparada para cumplir los requerimientos de conexión a red de los diferentes países, contribuyendo a la calidad y estabilidad del sistema eléctrico. Así, por ejemplo, son capaces de soportar huecos de tensión, inyectar potencia reactiva incluso por la noche y controlar la potencia activa inyectada a la red.

**Fácil mantenimiento**

Bloques de potencia modulares fácilmente reemplazables que reducen el tiempo de mantenimiento.

**Manejo sencillo**

Los inversores INGECON® SUN PowerMax U disponen de una pantalla LCD que permite visualizar de forma sencilla y cómoda el estado del inversor, así como diferentes variables internas. Además, el display dispone de varios LEDs que indican el estado de funcionamiento del inversor y avisan de cualquier incidencia mediante una indicación luminosa, lo cual simplifica y facilita las tareas de mantenimiento del equipo.

**Monitorización y comunicación**

Comunicaciones RS-485 incluidas de serie para la monitorización del histórico de producción y las variables internas (alarmas, producción en tiempo real, etc.). También están disponibles las comunicaciones por Ethernet, GSM / GPRS y Bluetooth. Se incluyen sin coste las aplicaciones INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor y su versión para Smartphone iSun Monitor para la monitorización y registro de datos del inversor a través de Internet.

PROTECCIONES

- Polarización inversa DC.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Anti-isla con desconexión automática.
- 4 pares de porta-fusibles para cada bloque. Los inversores no aterrados tienen ambos polos protegidos.
- Descargadores de sobretensiones atmosféricas DC y AC, tipo 2.
- Seccionador DC motorizado para desconectar el inversor del campo FV.
- Fusibles AC.

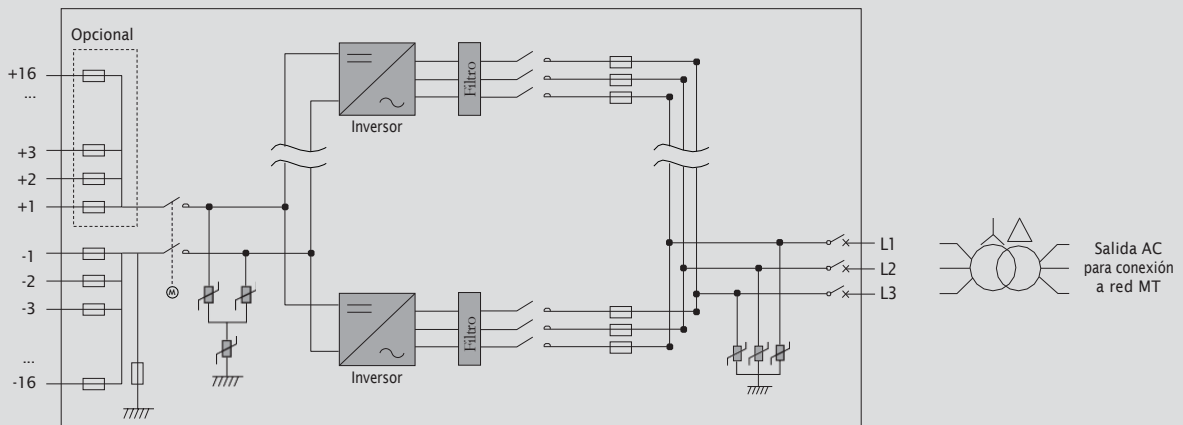
ACCESORIOS OPCIONALES

- Comunicación remota GSM / GPRS.
- Comunicación entre inversores mediante Ethernet o Bluetooth.
- Kit para trabajar hasta -22°F (-30°C) de temperatura ambiente.
- Fusibles DC.
- Monitorización de las corrientes de agrupación de la entrada DC.
- Vatímetro en el lado AC.
- Kit para soportar huecos de tensión.
- Kit de servicios auxiliares.
- Motorización del seccionador AC.

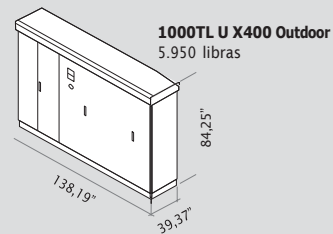
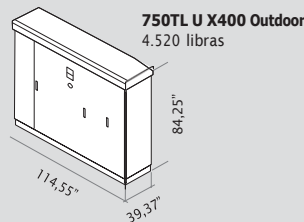
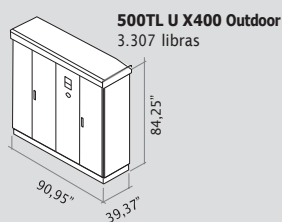
VENTAJAS MAESTRO-ESCLAVO

- Mayor rendimiento.
- En caso de avería de un bloque, la potencia se reparte entre el resto.
- Piezas de recambio más ligeras que permiten reducir los plazos de entrega.
- Permite aterrar el campo fotovoltaico, tanto el polo negativo como el positivo.

**PowerMax U TL Outdoor**



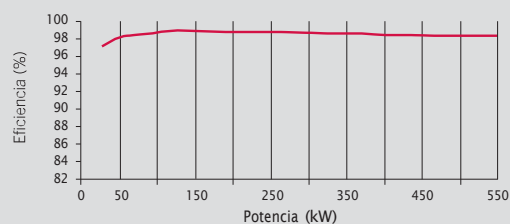
**Dimensiones y peso** (pulgadas y libras)



	500TL U X400 Outdoor	750TL U X400 Outdoor	1000TL U X400 Outdoor
<b>Valores de Entrada (DC)</b>			
Recommended PV array power range <sup>(1)</sup>	446,7 - 589,2 kWp	670 - 884 kWp	892,6 - 1.178,3 kWp
Rango de tensión MPP	578 - 820 V	578 - 820 V	578 - 820 V
Tensión máxima <sup>(2)</sup>	1.000 V	1.000 V	1.000 V
Corriente máxima	900 A	1.350 A	1.800 A
Nº entradas DC con porta-fusibles	8	12	16
Dimensiones fusibles	Fusibles de 63 A / 1.000 V to 400 A / 1.000 V para corriente máx. de 63 a 400 A en los polos positivo y negativo		
Tipo de conexión	Conexión a las barras de cobre		
Bloques de potencia	2	3	4
MPPT	1	1	1
Corriente por entrada	de 40 a 250 A	de 40 a 250 A	de 40 a 250 A
<b>Protecciones de Entrada</b>			
Protecciones de sobretensión	Descargadores de sobretensiones atmosféricas DC, tipo 2		
Interruptor DC	Seccionador de apertura en carga DC motorizado		
Otras protecciones	De 8 hasta 16 pares de fusibles DC, monitorización de aislamiento DC con alarma		
<b>Valores de Salida (AC)</b>			
Potencia nominal <sup>(3)</sup>	510 kW	765 kW	1.020 kW
Corriente máxima	736 A	1.104 A	1.472 A
Tensión nominal	400 V Sistema IT	400 V Sistema IT	400 V Sistema IT
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Coseno Phi <sup>(4)</sup>	1	1	1
Coseno Phi ajustable	Sí. Smáx=510 kVA	Sí. Smáx=765 kVA	Sí. Smáx=1.020 kVA
THD (Distorsión Armónica Total) <sup>(5)</sup>	<3%	<3%	<3%
<b>Protecciones de Salida</b>			
Protecciones de sobretensión	Descargadores de sobretensiones atmosféricas AC tipo 2		
Interruptor AC	Interruptor AC, opcional motorizado		
Protección anti-isla	Sí, con desconexión automática (por cada bloque de potencia)		
Otras protecciones	Fusibles AC, cortocircuitos y sobrecargas AC (por cada bloque de potencia)		
<b>Prestaciones</b>			
Eficiencia máxima	98,5%	98,5%	98,6%
CEC	98,5%	98,5%	98,5%
Consumo en stand-by <sup>(6)</sup>	60 W	90 W	120 W
Consumo nocturno	60 W	90 W	120 W
<b>Datos Generales</b>			
Temperatura de funcionamiento	-4°F a 149°F (-20°C a 65°C)	-4°F a 149°F (-20°C a 65°C)	-4°F a 149°F (-20°C a 65°C)
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%
Grado de protección	NEMA 3R	NEMA 3R	NEMA 3R
Altitud máxima <sup>(7)</sup>	9.842 ft (3.000 m)	9.842 ft (3.000 m)	9.842 ft (3.000 m)
Sistema de refrigeración	Air forced with temperature control (230 V phase + neutral power supply)		
Caudal de aire	22.6 ft <sup>3</sup> /s (fans: 1,000 VA)	37.96 ft <sup>3</sup> /s (fans: 1,300 VA)	45.56 ft <sup>3</sup> /s (fans: 1,500 VA)
Emisión acústica	<55 dB (A) a 4 m y <67 dB (A) a 1 m con ventiladores funcionando a la potencia máxima		
Certificación	CE, ETL		
Normativa EMC y de seguridad	UL1741, FCC Part 15, IEEE C37.90.1, IEEE C37.90.2		
Normativa de conexión a red	IEC 62116, UL1741, IEEE1547, IEEE1547.1, NEC CODE		

**Notas:** <sup>(1)</sup> Dependiendo del tipo de instalación y de la ubicación geográfica. Datos para condiciones STC <sup>(2)</sup> Considerar el aumento de tensión de los paneles 'Voc' a bajas temperaturas <sup>(3)</sup> Potencia AC para temperatura ambiente de 113°F (45°C). La potencia de salida se reducirá un 1% por cada 1°F (0,56°C) de incremento <sup>(4)</sup> Para P<sub>AC</sub>>25% de la potencia nominal <sup>(5)</sup> Para P<sub>AC</sub>>25% de la potencia nominal y tensión según IEEE 1547.1 <sup>(6)</sup> Consumo desde el campo fotovoltaico <sup>(7)</sup> Por encima de 3.300 pies la temperatura para potencia nominal 113°F (45°C) se reduce a razón de 2,42 °F por cada 1.000 pies adicionales.

### Rendimiento







**Ingeteam**

**Ingeteam INC.**

5201 Great American Parkway, Suite 320  
SANTA CLARA, CA 95054 - USA  
Tel.: +1 (415) 450 1869 / +1 (408) 524 2929 / Fax: +1 (408) 824 1327  
e-mail: solar.us@ingeteam.com

**Ingeteam INC.**

3550 W. Canal St.  
MILWAUKEE, WI 53208 - USA  
Tel.: +1 (414) 934 4100 / +1 (855) 821 7190 / Fax: +1 (414) 342 0736  
e-mail: solar.us@ingeteam.com

**Ingeteam Power Technology, S.A.**

Avda. Ciudad de la Innovación, 13  
31621 SARRIGUREN (Navarra) - Spain  
Tel.: +34 948 288 000 / Fax: +34 948 288 001  
e-mail: solar.energy@ingeteam.com

**Ingeteam S.r.l.**

Via Emilia Ponente, 232  
48014 CASTEL BOLOGNESE (RA) - Italy  
Tel.: +39 0546 651 490 / Fax: +39 054 665 5391  
e-mail: italia.energy@ingeteam.com

**Ingeteam GmbH**

Herzog-Heinrich-Str. 10  
80336 MUNICH - Germany  
Tel.: +49 89 99 65 38 0 / Fax: +49 89 99 65 38 99  
e-mail: solar.de@ingeteam.com

**Ingeteam SAS**

La Naurouze C - 140 rue Carmin  
31670 Labège - France  
Tel: +33 (0)5 61 25 00 00 / Fax: +33 (0)5 61 25 00 11  
e-mail: france@ingeteam.com

**Ingeteam, a.s.**

Technologická 371/1  
70800 OSTRAVA - PUSTKOVEC  
Czech Republic  
Tel.: +420 59 732 6800 / Fax: +420 59 732 6899  
e-mail: czech@ingeteam.com

**Ingeteam Shanghai, Co. Ltd.**

Shanghai Trade Square, 1105  
188 Si Ping Road  
200086 SHANGHAI - P.R. China  
Tel.: +86 21 65 07 76 36 / Fax: +86 21 65 07 76 38  
e-mail: shanghai@ingeteam.com

**Ingeteam, S.A. de C.V.**

Ave. Revolución, nº 643, Local 9  
Colonia Jardín Español - MONTERREY  
64820 - NUEVO LEÓN - México  
Tel.: +52 81 8311 4858 / Fax: +52 81 8311 4859  
e-mail: northamerica@ingeteam.com

**Ingeteam Ltda.**

Estrada Duilio Beltrami, 6975  
Chácara Sao Bento  
13278-078 VALINHOS SP - Brazil  
Tel.: +55 19 3037 3773 / Fax: +55 19 3037 3774  
e-mail: brazil@ingeteam.com

**Ingeteam Pty Ltd.**

Unit 2 Alphen Square South  
16th Road, Randjiespark, Midrand 1682 - South Africa  
Tel.: +2711 314 3190 / Fax: +2711 314 2420  
e-mail: southafrica@ingeteam.com

**Ingeteam SpA**

Bandera, 883 Piso 211  
8340743 Santiago de Chile - Chile  
Tel.: +56 2 738 01 44  
e-mail: chile@ingeteam.com

**Ingeteam Power Technology India Pvt. Ltd.**

2nd Floor, 431  
Udyog Vihar, Phase III  
122016 Gurgaon (Haryana) - India  
Tel.: +91 124 420 6492 / Fax: +91 124 420 6493  
e-mail: india@ingeteam.com

**Ingeteam Sp. z o.o.**

Ul. Koszykowa 60/62 m 39  
00-673 Warszawa - Poland  
Tel.: +48 22 821 9930 / Fax: +48 22 821 9931  
e-mail: polska@ingeteam.com

# Tipo de módulos

## cgm.3-l

### Función de línea

Celda modular de línea, equipada con un interruptor-seccionador de tres posiciones: cerrado, abierto o puesto a tierra.

Extensibilidad: derecha, izquierda y ambos lados.

Características eléctricas			IEC			ANSI/IEEE		
Tensión asignada	$U_i$ [kV]	36	38,5	40,5		38		
Frecuencia asignada	$f_r$ [Hz]	50 60	50	50	60	50 60		
<b>Corriente asignada</b>								
Interconexión general de embarrado y celdas	$I$ [A]	400/630	630	630		600		
Línea	$I$ [A]	400/630	630	630		600		
<b>Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)</b>								
Fase a tierra y entre fases	$U_{ti}$ [kV]	70	80	95		70		
A través de la distancia de seccionamiento	$U_{ti}$ [kV]	80	90	118		77		
<b>Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo</b>								
Fase a tierra y entre fases	$U_p$ [kV]	170	180	185		150		
A través de la distancia de seccionamiento	$U_p$ [kV]	195	210	215		165		
Clasificación arco interno	IAC	AF/AFL 16 kA 1 s/20* kA 1 s / 25 kA 1 s AFLR** 16 kA 1 s/20 kA 1 s/ 25 kA 1 s	AF/AFL 20* kA 1 s/25 kA 1 s AFLR** 20* kA 1 s/25 kA 1 s			AF/AFL 16 kA 1 s/20* kA 1 s / 25 kA 1 s AFLR** 20* kA 1 s/25 kA 1 s		
Tensión CC soportada	[kV]	72			103			
<b>Interruptor-seccionador</b>			<b>IEC 62271-103 + IEC 62271-102</b>			<b>IEEE C37.74</b>		
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)</b>								
Valor $t_{ci} = (x) s$	$I_k$ [kA]	16/20*/25 (1/3 s)		20* (1/3 s)/25 (1 s)			20* (1/3 s)/25 (1 s)	
Valor de pico	$I_p$ [kA]	40/50*/62,5	41,6/52*/65	52*/62,5	52*/62,5	52*/65	52,5/62,5	54,6/65
Poder de corte de corriente principalmente activa	$I_1$ [A]	400/630		630			600/800	
Poder de corte cables en vacío	$U_{ca}$ [A]	50		50			20	
Poder de corte bucle cerrado	$I_{2a}$ [A]	400/630		630			600/800	
Poder de corte de falta a tierra	$I_{GA}$ [A]	160		160			n/a	
Poder de corte de cables y líneas en vacío en condiciones de falta a tierra	$I_{Gb}$ [A]	90		90			n/a	
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	$I_{ma}$ [kA]	40/50*/62,5	41,6/52*/65	52*/62,5	52*/62,5	52*/65	52,5/62,5	54,6/65
<b>Categoría del interruptor</b>								
Endurancia mecánica		1000-M1/5000-M2			1000/5000			
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase		5-E3	3-E2 en 20 kA/5-E3 en 25 kA			3		
<b>Seccionador de puesta a tierra</b>			<b>IEC 62271-102</b>			<b>IEEE C37.74</b>		
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierra)</b>								
Valor $t_{ci} = (x) s$	$I_k$ [kA]	16/20*/25 (1/3 s)		20* (1/3 s)/25 (1 s)			20* (1/3 s)/25 (1 s)	
Valor de pico	$I_p$ [kA]	40/50*/62,5	41,6/52*/65	52*/62,5	52*/62,5	52*/65	52,5/62,5	54,6/65
Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra (valor de pico)	$I_{ma}$ [kA]	40/50*/62,5	41,6/52*/65	52*/62,5	52*/62,5	52*/65	52,5/62,5	54,6/65
<b>Categoría del seccionador de puesta a tierra</b>								
Endurancia mecánica		1000-M0 ***			1000			
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase		5-E2			3			

\* Ensayos realizados a 21 kA/52,5 kA \*\* Con salida de gases a través de chimenea \*\*\* En opción, 2000-M1  
Valores para 50 Hz

### Aplicaciones

Entrada o salida de los cables de media tensión que permiten la comunicación con el embarrado principal del centro de transformación.

## Configuración

### Celda

- Arco interno IAC AFL
  - 16 kA 1 s  20 kA 1 s
  - 25 kA 1 s
- Arco interno IAC AFL
  - 16 kA 1 s  20 kA 1 s
  - 25 kA 1 s
- Arco interno AF
  - 16 kA 0,5 s  20 kA 0,5 s
  - 16 kA 1 s  20 kA 1 s
  - 25 kA 1 s
- Celda de 1400 mm de altura<sup>1</sup>
- Celda de 1745 mm de altura

### Cuba de gas

- Cuba de acero inoxidable

### Indicador de presión del gas:

- Manómetro sin contactos
- Manómetro con compensación de temperatura y dos contactos libres de potencial

### Conexión frontal:

- Pasatapas

### Conexión lateral:

- Extensibilidad a ambos lados
- Extensibilidad a la izquierda/ derecha ciega
- Extensibilidad a la derecha/ izquierda ciega

### Tipo de conexión lateral:

- Tulipa
  - Derecha  Izquierda  Ambas
- Pasatapas
  - Derecha  Izquierda  Ambas

### Mecanismo de maniobra

- Palancas de accionamiento
- Mecanismo manual tipo B
- Mecanismo motorizado tipo BM

- Mecanismo motorizado tipo B2M
- Alarma acústica **ekor.sas**
- Indicador capacitivo de presencia de tensión **ekor.vpis**
- Indicador capacitivo de presencia/ ausencia de tensión **ekor.ivds**
- Otros indicadores capacitivos de tensión
- Unidad de control integrado y monitorización **ekor.rci**
- Unidad detectora de tensión **ekor.rtk**

### Enclavamientos adicionales:

- Enclavamientos eléctricos
- Condenaciones por cerradura
- Condenaciones con candados

### Compartimento de cables

- Pasatapas IEC de tipo atornillable
- Pasatapas ANSI de tipo atornillable
- Tapa para un conector por fase
- Tapa extendida de compartimento de cables para conexión de doble cable
- Tapa extendida de compartimento de cables para conexión de cable más autoválvula
- Detección de descargas parciales (DP) para el diagnóstico de la red

### Conducto de expansión de gases

- Chimenea posterior

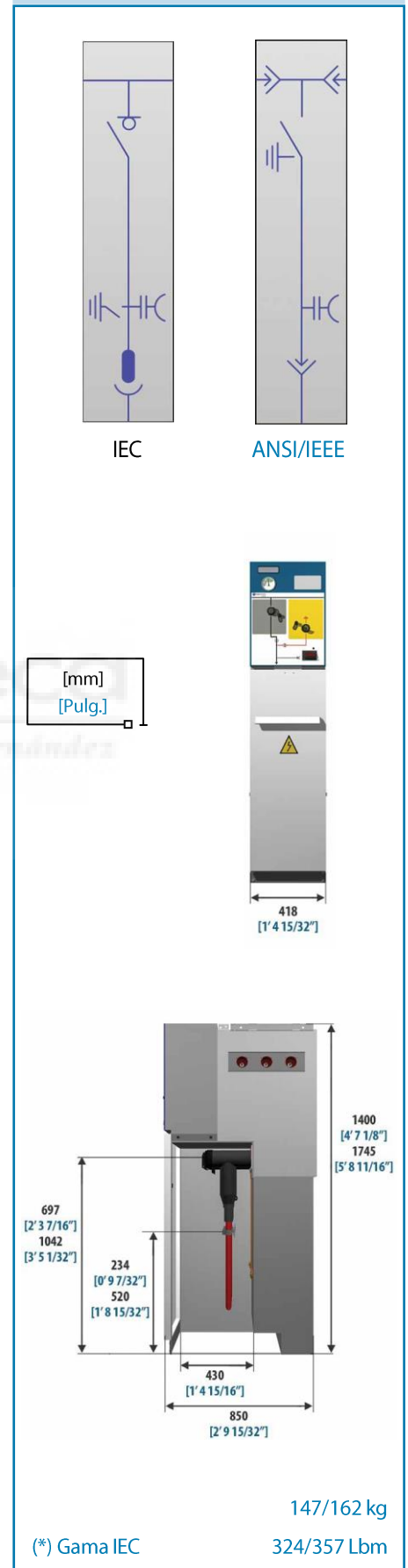
### Cajón de control

- Otros indicadores de tensión
- Otros componentes de medida y automatización

- Estándar
- Opcional

<sup>1</sup> Sólo disponible con clasificación de arco interno IAC AFL 20 kA 1 s

## Dimensiones



## cgm.3-p

### Función de protección con fusibles

Celda modular con protección con fusibles, equipada con un interruptor-seccionador de tres posiciones: cerrado, abierto o puesto a tierra y protección con fusibles limitadores.

Extensibilidad: derecha, izquierda y ambos lados.

Características eléctricas			IEC			ANSI/IEEE			
Tensión asignada	$U_i$	[kV]	36		38,5	40,5		38	
Frecuencia asignada	$f_r$	[Hz]	50	60	50	50	60	50	60
Corriente asignada									
Interconexión general de embarrado y celdas	$I_r$	[A]	400/630		630	630		600	
Bajante de transformador	$I_r$	[A]			200		200		
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)									
Fase a tierra y entre fases	$U_d$	[kV]	70		80	95		70	
A través de la distancia de seccionamiento	$U_d$	[kV]	80		90	118		77	
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo									
Fase a tierra y entre fases	$U_p$	[kV]	170		180	185		150	
A través de la distancia de seccionamiento	$U_p$	[kV]	195		210	215		165	
Clasificación arco interno	IAC		AF/AFL 16 kA 1 s/20* kA 1 s/ 25 kA 1 s AFLR** 16 kA 1 s/20 kA 1 s		AF/AFL 20* kA 1 s/25 kA 1 s AFLR** 16 kA 1 s/20* kA 1 s		AF/AFL 16 kA 1 s/20* kA 1 s/ 25 kA 1 s AFLR** 16 kA 1 s/20* kA 1 s		
Tensión CC soportada		[kV]			n/a		103		
Interruptor-seccionador			IEC 62271-103 + IEC 62271-102			IEEE C37.74			
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)									
Valor $t = (x) s$	$I_k$	[kA]	16/20*/25 (1/3 s)		20* (1/3 s)/25 (1 s)		20* (1/3 s)/25 (1 s)		
Valor de pico	$I_p$	[kA]	40/50*/62,5	40/52,5*/65	52*/62,5	52*/62,5	52*/65	52,5/62,5	54,6/65
Poder de corte de corriente principalmente activa	$I_1$	[A]	200		200		200		
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	$I_{ma}$	[kA]	40/50*/62,5	40/52,5*/65	52*/62,5	52*/62,5	52*/65	52,5/62,5	54,6/65
Categoría del interruptor									
Endurancia mecánica					1000-M1		1000		
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase			5-E3		3-E2 en 20 kA/5-E3 en 25 kA		3		
Corriente de intersección combinado interruptor - relé (ekor.rpt)									
$I_{max}$ de corte según acc. TD <sub>ito</sub> IEC 62271-105		[A]			490		n/a		
Corriente de transferencia combinado interruptor-fusible									
$I_{max}$ de corte según acc. TD <sub>transfer</sub> IEC 62271-105		[A]	820		700		n/a		
Seccionador de puesta a tierra			IEC 62271-102			IEEE C37.74			
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierra)									
Valor $t = 1 s$	$I_k$	[kA]			1/3,15		1/3,15		
Valor de pico	$I_p$	[kA]	2,5/7,8	2,6/8,2	2,5/7,8	2,5/7,8	2,6/8,2	2,5/7,8	2,6/8,2
Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra (valor de pico)	$I_{ma}$	[kA]	2,5	2,6	2,5	2,5	2,6	2,5	2,6
Categoría del seccionador de puesta a tierra									
Endurancia mecánica					1000-M0/2000-M1		1000		
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase					5-E2 2-E1 para 7,8 u 8,2 kA		3		

\* Ensayos realizados a 21 kA/52,5 kA \*\* Con salida de gases a través de chimenea  
Valores para 50 Hz

### Aplicaciones

Protección general y del transformador, así como maniobras de conexión o desconexión.

## Configuración

### Celda

- Arco interno IAC AFL
  - 16 kA 1 s  20 kA 1 s
- Arco interno IAC AFL
  - 16 kA 1 s  20 kA 1 s
  - 25 kA 1 s
- Arco interno AF
  - 16 kA 0,5 s  20 kA 0,5 s
  - 16 kA 1 s  20 kA 1 s
  - 25 kA 1 s
- Celda de 1400 mm de altura<sup>1</sup>
- Celda de 1745 mm de altura

### Cuba de gas

- Cuba de acero inoxidable

### Indicador de presión del gas:

- Manómetro sin contactos
- Manómetro con compensación de temperatura y dos contactos libres de potencial

### Conexión frontal:

- Pasatapas

### Conexión lateral:

- Extensibilidad a ambos lados
- Extensibilidad a la izquierda/derecha ciega
- Extensibilidad a la derecha/izquierda ciega

### Tipo de conexión lateral:

- Tulipa
  - Derecha  Izquierda  Ambas
- Pasatapas
  - Derecha  Izquierda  Ambas

### Disparo del fusible:

- Mediante fusibles combinados
- Mediante fusibles asociados

### Portafusibles:

- 36 kV
- 38-38,5 kV
- 40,5 kV

### Mecanismo de maniobra

- Palancas de accionamiento
- Mecanismo manual tipo BR-A
- Mecanismo motorizado tipo BR-AM
- Mecanismo motorizado tipo BR-A2M

- Bobina de disparo
- Alarma acústica **ekor.sas**
- Indicador capacitivo de presencia de tensión **ekor.vpis**
- Indicador capacitivo de presencia/ausencia de tensión **ekor.ivds**
- Otros indicadores capacitivos de tensión
- Unidad de protección del transformador **ekor.rpt/ekor.rpa**
- Unidad detectora de tensión **ekor.rtk**

### Enclavamientos adicionales:

- Enclavamientos eléctricos
- Condenaciones por cerradura
- Condenaciones con candados

### Compartimento de cables

- Pasatapas IEC de tipo enchufable
- Pasatapas IEC de tipo atornillable
- Tapa para un conector por fase
- Tapa extendida de compartimento de cables para conexión de doble cable
- Tapa extendida de compartimento de cables para conexión de cable más autoválvula
- Detección de descargas parciales (DP) para el diagnóstico de la red

### Conducto de expansión de gases

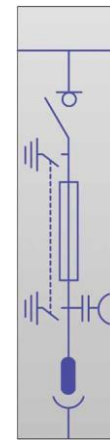
- Chimenea posterior

### Cajón de control

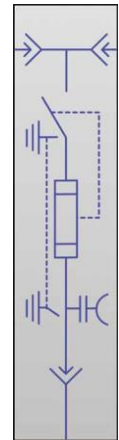
- Otros indicadores de tensión
- Otros relés de protección
- Otros componentes de medida y automatización

- Estándar
- Opcional

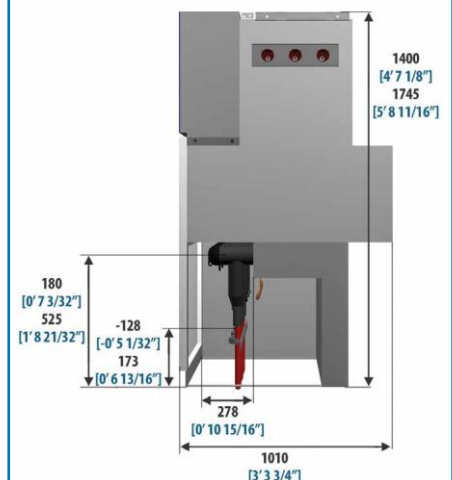
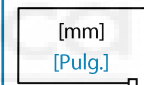
## Dimensiones



IEC



ANSI/IEEE



215/230 kg

(\*) Gama IEC

474/507 Lbm

<sup>1</sup> Sólo disponible con clasificación de arco interno IAC AFL 20 kA 1 s

## cgm.3-v

### Función de protección con interruptor automático

Celda modular de protección mediante interruptor automático, equipado con un interruptor automático de corte en vacío en serie con un interruptor-seccionador de tres posiciones.

Extensibilidad: derecha, izquierda y ambos lados.

Características eléctricas				IEC			ANSI/IEEE	
Tensión asignada	$U_n$ [kV]	36		38,5	40,5		38	
Frecuencia asignada	$f_r$ [Hz]	50	60	50	50	60	50	60
<b>Corriente asignada</b>								
Interconexión general de embarrado y celdas	$I_c$ [A]	400/630		630			600	
Línea	$I_l$ [A]	400/630		630			600	
<b>Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)</b>								
Fase a tierra y entre fases	$U_d$ [kV]	70		80	95		80	
A través de la distancia de seccionamiento	$U_d$ [kV]	80		90	118		88	
<b>Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo</b>								
Fase a tierra y entre fases	$U_p$ [kV]	170		180	185		150	
A través de la distancia de seccionamiento	$U_p$ [kV]	195		210	215		165	
Clasificación arco interno	IAC	AF/AFL20* kA 1 s/25 kA 1 s AFLR** 20* kA 1 s/25 kA 1 s		AF/AFL20* kA 1 s/25 kA 1 s AFLR** 20* kA 1 s/25 kA 1 s			AF/16 kA 1 s/AFL20* kA 1 s/ 25 kA 1 s AFLR** 20* kA 1 s/25 kA 1 s	
Tensión CC soportada	[kV]	n/a		72			103	
<b>Interruptor automático</b>				<b>IEC 62271-100</b>			<b>IEECC37.20.3</b>	
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)</b>								
Valor $t_{\Sigma} = (x) s$	$I_k$ [kA]	16/20*/25 (1/3 s)		20* (1/3 s)/25 (1 s)			20* (1/3 s)/25 (1 s)	
Valor de pico	$I_p$ [kA]	40/50*/62,5	41,5/52*/65	50*/62,5	52*/62,5	52*/65	52,5/62,5	54,6/65
<b>Poder asignado de corte y de cierre</b>								
Poder de corte asignado corriente principalmente activa	$I_1$ [A]	400/630		630			600/800	
Poder de corte en cortocircuito	$I_{sc}$ [kA]	16/20*/25		20*/25			20*/25	
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	$I_{ma}$ [kA]	40/50*/62,5	41,5/52*/65	50*/62,5	52*/62,5	52*/65	52,5/62,5	54,6/65
Poder de corriente capacitiva (50 Hz). Batería condensadores	[A]	400		n/a			n/a	
<b>Secuencia de maniobras nominales</b>								
Sin reenganche rápido					CO-15 s-CO O-3 min-CO-3 min-CO			CO-15 s-CO O-3 min-CO-3 min-CO
Con reenganche rápido					O-0,3 s-CO-15 s-CO O-0,3 s-CO-3 min-CO			O-0,3 s-CO-15 s-CO O-0,3 s-CO-3 min-CO
<b>Categoría del interruptor automático</b>								
Endurancia mecánica (clase de maniobra)					10000 - M2 2000 - M1			10000 - M2 2000 - M1
Endurancia eléctrica (clase)					E2-C2			E2-C2
<b>Interruptor-seccionador</b>				<b>IEC 62271-103 + IEC 62271-102</b>			<b>IEEE C37.74</b>	
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)</b>								
Valor $t_{\Sigma} = (x) s$	$I_k$ [kA]	16/20*/25 (1/3 s)		20* (1/3 s)/25 (1 s)			20* (1/3 s)/25 (1 s)	
Valor de pico	$I_p$ [kA]	40/50*/62,5	41,5/52*/65	50*/62,5	52*/62,5	52*/65	40/50*/62,5	41,5/52*/65
Poder de corte asignado corriente principalmente activa	$I_1$ [A]	400/630		630			600/800	
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	$I_{ma}$ [kA]	40/50*/62,5	41,5/52*/65	52*/62,5	52*/62,5	52*/65	40/50*/62,5	41,5/52*/65
<b>Categoría de interruptor-seccionador</b>								
Endurancia mecánica					1000-M1/5000-M2			1000/5000
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase		5-E3		3-E2 en 20 kA/5-E3 en 25 kA			3	
<b>Seccionador de puesta a tierra</b>				<b>IEC 62271-102</b>			<b>IEEE C37.74</b>	
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierra)</b>								
Valor $t_{\Sigma} = (x) s$	$I_k$ [kA]	16/20*/25 (1/3 s)		20* (1/3 s)/25 (1 s)			20* (1/3 s)/25 (1 s)	
Valor de pico	$I_p$ [kA]	40/50*/62,5	41,5/52*/65	50*/62,5	52*/62,5	52*/65	40/50*/62,5	41,5/52*/65
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	$I_{ma}$ [kA]	40/50*/62,5	41,5/52*/65	50*/62,5	52*/62,5	52*/65	40/50*/62,5	41,5/52*/65
<b>Categoría del seccionador de puesta a tierra</b>								
Endurancia mecánica					2000-M1			2000
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase					5-E2			3

\* Ensayos realizados a 21 kA/52,5 kA      \*\* Con salida de gases a través de chimenea  
Valores para 50 Hz

### Aplicaciones

Protección general y protección de transformador, línea, batería de condensadores, etc., así como maniobras de conexión o desconexión.

## Configuración

### Celda

- Arco interno IAC AFL
  - 20 kA 1 s  25 kA 1 s
- Arco interno IAC AFL
  - 20 kA 1 s  25 kA 1 s
- Arco interno AF
  - 16 kA 0,5 s  20 kA 0,5 s
  - 20 kA 1 s  25 kA 1 s
- Celda de 1400 mm de altura<sup>1</sup>
- Celda de 1745 mm de altura

### Cuba de gas

- Cuba de acero inoxidable

### Indicador de presión del gas:

- Manómetro sin contactos
- Manómetro con compensación de temperatura y dos contactos libres de potencial

### Conexión frontal:

- Pasatapas

### Conexión lateral:

- Extensibilidad a ambos lados
- Extensibilidad a la izquierda/derecha ciega
- Extensibilidad a la derecha/izquierda ciega

### Tipo de conexión lateral:

- Tulipa
  - Derecha  Izquierda  Ambas
- Pasatapas
  - Derecha  Izquierda  Ambas

### Mecanismo de maniobra

- Palancas de accionamiento
- Mecanismo de interruptor tipo B
- Mecanismo motorizado tipo BM
- Mecanismo motorizado tipo B2M
- Mecanismo manual tipo AV
- Mecanismo manual tipo RAV con reenganche
- Mecanismo motorizado tipo AVM
- Mecanismo motorizado tipo RAVM con reenganche
- Bobina de disparo

- Bobina biestable
- Segunda bobina de disparo
- Bobina de cierre
- Bobina de mínima tensión
- Alarma acústica **ekor.sas**
- Indicador capacitivo de presencia de tensión **ekor.vpis**
- Indicador capacitivo de presencia/ausencia de tensión **ekor.ivds**
- Unidad de protección **ekor.rpg/ekor.rpa**
- Unidad detectora de tensión **ekor.rtk**

### Enclavamientos adicionales:

- Enclavamientos eléctricos
- Condenaciones por cerradura
- Condenaciones con candados

### Compartimento de cables

- Pasatapas IEC de tipo atornillable
- Pasatapas IEC de tipo enchufable
- Pasatapas ANSI de tipo atornillable
- Tapa para un conector por fase
- Tapa extendida de compartimento de cables para conexión de doble cable
- Tapa extendida de compartimento de cables para conexión de cable más autoválvula
- Detección de descargas parciales (DP) para el diagnóstico de la red

### Conducto de expansión de gases

- Chimenea posterior

### Cajón de control

- Otros indicadores de tensión
- Otros relés de protección
- Otros componentes de medida y automatización

- Estándar
- Opcional

<sup>1</sup> Sólo disponible con clasificación de arco interno IAC AFL 20 kA 1 s

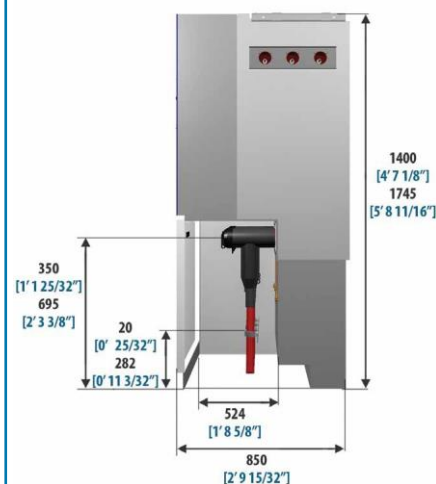
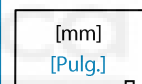
## Dimensiones



IEC



ANSI/IEEE



240/255 kg

(\*) Gama IEC

259/562 Lbm

## cgm.3-s

### Función de interruptor pasante

Celda modular de interruptor pasante, equipado con un interruptor-seccionador de dos posiciones (cerrado y abierto).  
Opcional con seccionador de puesta a tierra (s-pt).

Extensibilidad: a ambos lados.

Características eléctricas			IEC		ANSI/IEEE	
Tensión asignada	$U_n$	[kV]	36		38	
Frecuencia asignada	$f_n$	[Hz]	50	60	50	60
<b>Corriente asignada</b>						
Interconexión general de embarrado y celdas	$I_n$	[A]	400/630		600	
Línea	$I_n$	[A]	400/630		600	
<b>Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)</b>						
Fase a tierra y entre fases	$U_d$	[kV]	70		70	
A través de la distancia de seccionamiento	$U_d$	[kV]	80		77	
<b>Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo</b>						
Fase a tierra y entre fases	$U_p$	[kV]	170		150	
A través de la distancia de seccionamiento	$U_p$	[kV]	195		165	
Clasificación arco interno	IAC		AF/AFL 16 kA 1 s/20* kA 1 s		AF/AFL 16 kA 1 s/20* kA 1 s	
<b>Interruptor-seccionador</b>			<b>IEC 62271-103 + IEC 62271-102</b>		<b>IEEE C37.74</b>	
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)</b>						
Valor $t = (x) s$	$I_k$	[kA]	16/20*/25 (1/3 s)		20* (1/3 s)	
Valor de pico	$I_p$	[kA]	40/50*/62,5	41,6/52*/65	52,5	54,6
Poder de corte de corriente principalmente activa	$I_1$	[A]	400/630		600/800	
Poder de corte cables en vacío	$U_a$	[A]	50		20	
Poder de corte bucle cerrado	$I_{2a}$	[A]	400/630		600/800	
Poder de corte de falta a tierra	$I_{SA}$	[A]	160		n/a	
Poder de corte de cables y líneas en vacío en condiciones de falta a tierra	$I_{ab}$	[A]	90		n/a	
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	$I_{ma}$	[kA]	40/50*/62,5	41,6/52*/65	52,5	54,6
<b>Categoría del interruptor</b>						
Endurancia mecánica			1000-M1/5000-M2		1000/5000	
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase			5-E3		3	
<b>Seccionador de puesta a tierra</b>			<b>IEC 62271-102</b>		<b>IEEE C37.74</b>	
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierra)</b>						
Valor $t = (x) s$	$I_k$	[kA]	16/20*/25 (1/3 s)		20* (1/3 s)	
Valor de pico	$I_p$	[kA]	40/50*/62,5	41,6/52*/65	52,5	54,6
Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra (valor de pico)	$I_{ma}$	[kA]	40/50*/62,5	41,6/52*/65	52,5	54,6
<b>Categoría del seccionador de puesta a tierra</b>						
Endurancia mecánica			1000-M0/2000-M1		1000	
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase			5-E2		3	

\* Ensayos realizados a 21 kA/52,5 kA  
Valores para 50 Hz

### Aplicaciones

Corte de carga del embarrado principal del centro de transformación y su puesta a tierra en el lado derecho (ptd) o izquierdo (pti) del punto de corte.



## Configuraci3n

### Celda

- Arco interno IAC AFL
  - 16 kA 1 s  20 kA 1 s
- Arco interno AF
  - 16 kA 0,5 s  20 kA 0,5 s
  - 16 kA 1 s  20 kA 1 s
- Celda de 1745 mm de altura

### Cuba de gas

- Cuba de acero inoxidable

### Indicador de presi3n del gas:

- Man3metro sin contactos
- Man3metro con compensaci3n de temperatura y dos contactos libres de potencial

### Conexi3n lateral:

- Extensibilidad a ambos lados

### Tipo de conexi3n lateral:

- Tulipa
  - Derecha  Izquierda  Ambas
- Pasatapas
  - Derecha  Izquierda  Ambas

### Puesta a tierra:

- Con seccionador de puesta a tierra en el lado izquierdo. Tipo s-pti
- Con seccionador de puesta a tierra en el lado derecho s-ptd

### Mecanismo de maniobra

- Palancas de accionamiento
- Mecanismo manual tipo B
- Mecanismo motorizado tipo BM
- Mecanismo motorizado tipo B2M
- Alarma ac3stica **ekor.sas**
- Indicador capacitivo de presencia de tensi3n **ekor.vpis** (con puesta a tierra)
- Indicador capacitivo de presencia / ausencia de tensi3n **ekor.ivds** (con puesta a tierra)
- Otros indicadores capacitivos de tensi3n
- Unidad de control integrado y monitorizaci3n **ekor.rci**
- Unidad detectora de tensi3n **ekor.rtk**

### Enclavamientos adicionales:

- Enclavamientos el3ctricos
- Condenaciones por cerradura
- Condenaciones con candados

### Compartimento de cables

- Detecci3n de descargas parciales (DP) para el diagn3stico de la red

### Conducto de expansi3n de gases

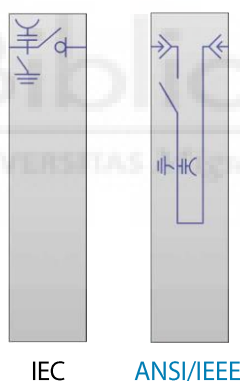
- Chimenea posterior

### Caj3n de control

- Otros rel3s
- Otros componentes de medida y automatizaci3n

## Opciones

### cgm.3-s-pt



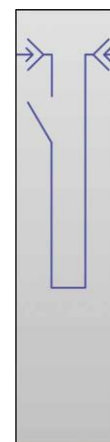
Anchura= 600 mm (24 pulg.)  
Peso= 185 kg/407.8 Lbm

- Est3ndar
- Opcional

## Dimensiones



IEC



ANSI/IEEE

[mm]  
[Pulg.]



418  
[1' 4 15/32"]



1745  
[5' 8 11/16"]

850  
[2' 9 15/32"]

143 kg  
315 Lbm

## cgm.3-rb

### Función de remonte de barras

Celda modular con aislamiento en gas y remonte de barras. Seccionador de puesta a tierra opcional (rb-pt).

Extensibilidad: derecha y ambos lados.

Características eléctricas			IEC			ANSI/IEEE		
Tensión asignada	$U_n$ [kV]	36	38,5	40,5		38		
Frecuencia asignada	$f_r$ [Hz]	50   60	50	50	60	50/60		
<b>Corriente asignada</b>								
Interconexión general de embarrado y celdas	$I_r$ [A]	400/630	630			600		
Línea	$I_r$ [A]	400/630	630			600		
<b>Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)</b>								
Fase a tierra y entre fases	$U_d$ [kV]	70	80	95		70		
A través de la distancia de seccionamiento	$U_d$ [kV]	80	90	118		77		
<b>Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo</b>								
Fase a tierra y entre fases	$U_p$ [kV]	170	180	185		150		
A través de la distancia de seccionamiento	$U_p$ [kV]	195	210	215		165		
Clasificación arco interno	IAC	AF/AFL 20* kA 1 s/25* kA 1 s AFLR 20* kA 1 s/25 kA 1 s	AF/AFL 20* kA 1 s/25 kA 1 s AFLR 20* kA 1 s/25 kA 1 s			AFL 20* kA 1 s/25 kA 1 s AFLR 20* kA 1 s/25 kA 1 s		
<b>Seccionador de puesta a tierra</b>			<b>IEC 62271-102</b>			<b>IEEE C37.74</b>		
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierra)</b>								
Valor $t_{\Sigma} = (x)$ s	$I_k$ [kA]	16/20*/25 (1/3 s)	20* (1/3 s)/25 (1 s)			20* (1/3 s)/25 (1 s)		
Valor de pico	$I_p$ [kA]	40/50*/62,5   41,6/52*/65	50*/62,5	50*/62,5	52*/65	50*/62,5	52*/65	
Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra (valor de pico)	$I_{ma}$ [kA]	40/50*/62,5   41,6/52*/65	50*/62,5	50*/62,5	52*/65	50*/62,5	52*/65	
<b>Categoría del seccionador de puesta a tierra</b>								
Endurancia mecánica			1000-M0**			1000		
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase			5-E2			3		

\* Ensayos realizados a 21 kA/52,5 kA      \*\* En opción, 2000-M1  
Valores para 50 Hz

### Aplicaciones

Entrada o salida de cables de media tensión que permiten la comunicación con el embarrado del centro de transformación, en el lado derecho (rbd), en el izquierdo (rbi) o en ambos lados (rba).

## Configuración

### Celda

- Arco interno IAC AFL
  - 20 kA 1 s  25 kA 1 s
- Arco interno IAC AFL
  - 16 kA 1 s  20 kA 1 s
  - 25 kA 1 s
- Arco interno AF
  - 16 kA 0,5 s  20 kA 0,5 s
  - 16 kA 1 s  20 kA 1 s
  - 25 kA 1 s
- Celda de 1745 mm de altura

### Cuba de gas

- Cuba de acero inoxidable

### Indicador de presión del gas:

- Manómetro sin contactos
- Manómetro con compensación de temperatura y dos contactos libres de potencial

### Conexión frontal:

- Pasatapas

### Conexión lateral:

- Extensibilidad a ambos lados: rba
- Extensibilidad a la derecha/izquierda ciega: rbd
- Lado izquierdo extensible/lado derecho ciego: rbi

### Tipo de conexión lateral:

- Tulipa
  - Derecha  Izquierda  Ambas
- Pasatapas
  - Derecha  Izquierda  Ambas

### Puesta a tierra:

- Con seccionador de puesta a tierra en el lado izquierdo
- Con seccionador de puesta a tierra en el lado derecho

### Mecanismo de maniobra

- Mecanismo manual tipo B
- Alarma acústica **ekor.sas**
- Indicador capacitivo de presencia de tensión **ekor.vpis** (con puesta a tierra)
- Indicador capacitivo de presencia/ausencia de tensión **ekor.ivds** (con puesta a tierra)

- Otros indicadores capacitivos de tensión
- Unidad de control integrado y monitorización **ekor.rci**
- Unidad detectora de tensión **ekor.rtk**

### Enclavamientos adicionales:

- Enclavamientos eléctricos
- Enclavamientos con cerradura
- Candados

### Compartimento de cables

- Tapa para un conector por fase
- Detección de descargas parciales (DP) para el diagnóstico de la red

### Conducto de expansión de gases

- Chimenea posterior

### Cajón de control

- Otros indicadores de tensión
- Otros componentes de medida y automatización

### Opciones

cgm.3-rb-pt



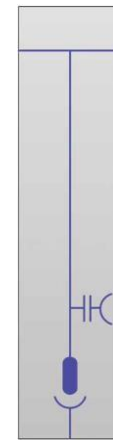
IEC



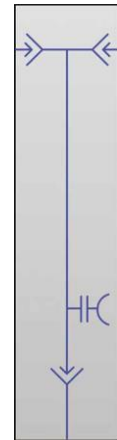
ANSI/IEEE

- Estándar
- Opcional

## Dimensiones



IEC

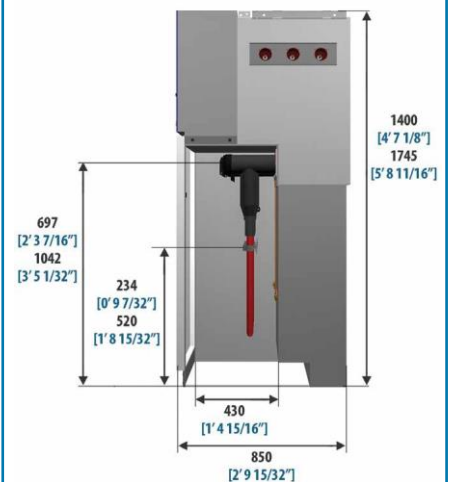


ANSI/IEEE

[mm]  
[Pulg.]



418  
[1' 4 15/32"]



1400  
[4' 7 1/8"]  
1745  
[5' 8 11/16"]

697  
[2' 3 7/16"]  
1042  
[3' 5 1/32"]

234  
[0' 9 7/32"]  
520  
[1' 8 15/32"]

430  
[1' 4 15/16"]

850  
[2' 9 15/32"]

158 kg

348.3 Lbm

## cgm.3-m

### Función de medida

Celda modular de medida con aislamiento en aire.

Características eléctricas			IEC		
Tensión asignada	$U_i$	[kV]	36		38,5
Frecuencia asignada	$f_r$	[Hz]	50	60	50
<b>Corriente asignada</b>					
Interconexión general de embarrado y celdas	$I_k$	[A]	400/630		630
<b>Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)</b>					
Fase a tierra y entre fases	$U_d$	[kV]	70	80	95
<b>Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo</b>					
Fase a tierra y entre fases	$U_p$	[kV]	170	180	185
<b>Clasificación arco interno</b>					
	IAC		AFL 16 kA 0,5 s / 20* kA 0,5 s / 16 kA 1 s / 20* kA 1 s		
<b>Corriente admisible asignada de corta duración valor <math>t_k = (x)</math> s</b>					
	$I_k$	[kA]	16/20*/25 (1/3 s)		16/20 (1/3 s) 25 (1 s)

\* Ensayos realizados a 21 kA/52,5 kA

\*\* Para cgm.3-m de 1100 mm de anchura = AFL 20 kA 1 s con expansión de gases a foso  
Valores para 50 Hz

### Aplicaciones

Alojamiento para transformadores de medida de tensión e intensidad, permitiendo comunicar con embarrado del centro de transformación, mediante barras o cables secos.

### Configuración

#### Celda

- IAC AFL 16/20/25 kA 0,5 s
- IAC AFL 20 kA 1 s (anchura 900 mm)
- IAC AFL 20 kA 1 s (anchura 1100 mm, expansión de gases a foso)
- Resistencia de caldeo
- Malla de protección
- Cerraduras

#### Conexiones de barras

- Conexión superior rígida no apantallada
- Conexión inferior rígida no apantallada

#### Conexiones de cables

- Conexión inferior del cable

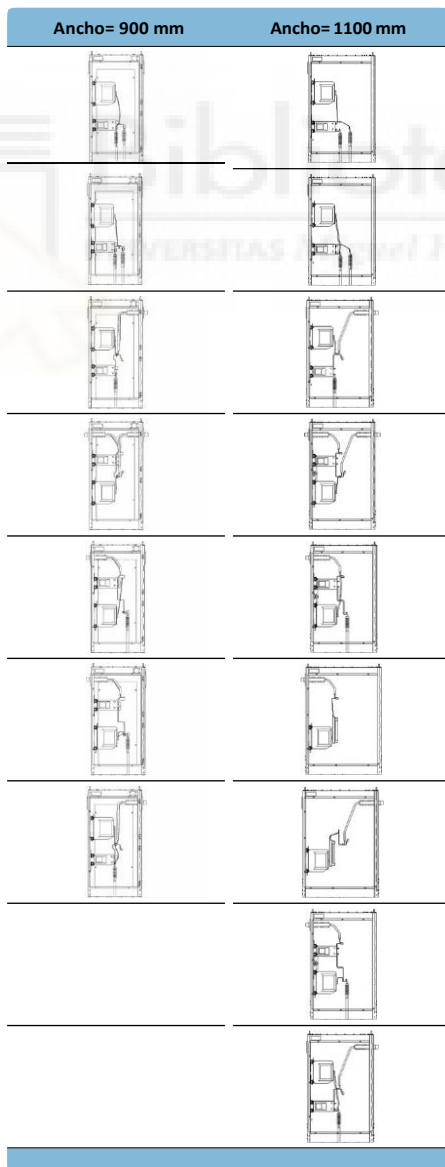
#### Transformadores de medida

- Transformadores de intensidad instalados (3 TIs)
- Transformadores de tensión instalados (3 TTs)
- Sin transformadores

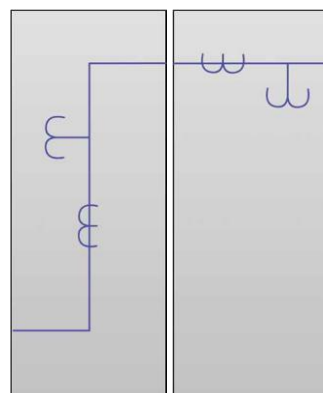
#### Cajón de control

- Otros componentes de medida y automatización

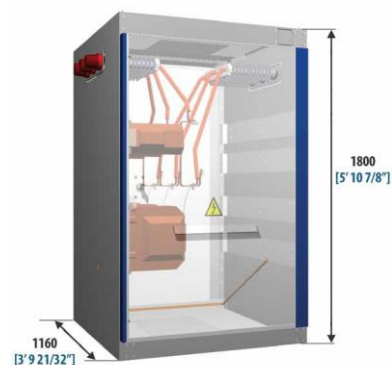
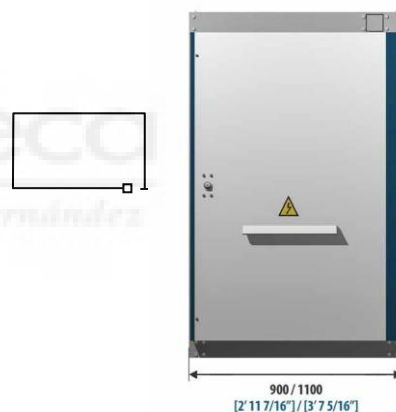
### Opciones



### Dimensiones



IEC



290 kg\* (900 mm)  
520 kg\* (1100 mm)  
(\*) Envoltente vacía

# EXZHELLENT® Class SOLAR

H1Z2Z2-K – Libre de halógenos

1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) – 1,5/1,5 kVdc (1,8/1,8 kVdc máx.)

class  
**exZhelent** SOLAR



## NORMAS

### CONSTRUCCIÓN

EN 50618  
IEC 62930

### REACCIÓN AL FUEGO\*

UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2  
UNE-EN 50525-1; IEC 62821-1 anexo B  
UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2

## CLASIFICACIÓN CPR

DOP 000163  
Clase E<sub>ca</sub>

## CONSTRUCCIÓN

### 1. CONDUCTOR

Cobre estañado, clase 5  
según UNE-EN 60228.

### 2. AISLAMIENTO

Compuesto libre de halógenos reticulado.

### 3. CUBIERTA EXTERIOR

Compuesto libre de halógenos reticulado.  
Colores rojo o negro.

## APLICACIONES

Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas (grandes plantas, edificios, industrias, naves agrícolas, para uso fijo o móvil con seguidores...).

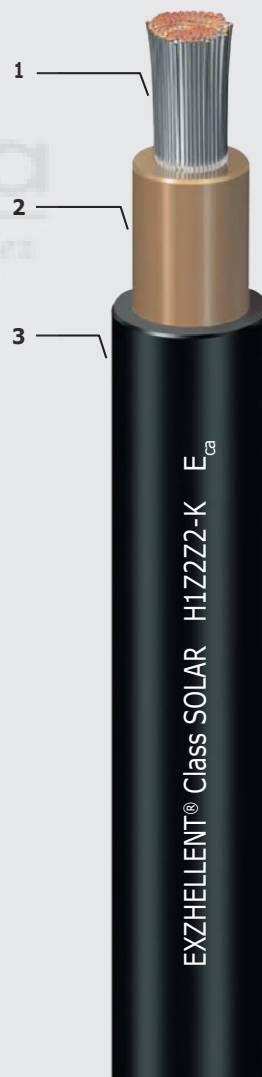
Puede ser instalado en bandejas, conductos y equipos.

A emplear en el lado de corriente continua en instalaciones de autoconsumo o entre paneles solares y string combiner boxes en grandes plantas de generación fotovoltaica.

Temperatura máxima del conductor:  
+90 °C (120 °C durante 20.000 horas).

Temperatura mínima de trabajo: -40 °C.

## CERTIFICACIONES



\* En azul ensayos de fuego válidos en la UE.

DESCÁRGATE LA DOP  
(declaración de prestaciones)  
<https://es.prysmiangroup.com/dop>

Nº DoP 000163

General Cable

A Brand of Prysmian Group

Prysmian  
Group

# EXZHELLENT® Class SOLAR

H1Z2Z2-K - Libre de halógenos

class  
exZhelent SOLAR



1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) - 1,5/1,5 kVdc (1,8/1,8 kVdc máx.)

## ENSAYOS ADICIONALES

Vida estimada	25 años
Certificación	Bureau Veritas LCIE
Servicios móviles	SI
Doble aislamiento (clase II)	SI
Tª máxima de conductor	90 °C (120 °C, 20.000 h)
Resistencia al ozono	IEC 62930 Tab.3 según IEC 60811-403; EN 50618 Tab.2 según EN 50396 tipo de prueba B
Resistencia a los rayos uva	IEC 62930 Anexo E; EN 50618 Anexo E
Protección contra el agua	AD7 (inmersión)
Resistencia a ácidos y bases	IEC 62930 y EN 50618 Anexo B 7 días, 23 °C N-ácido oxálico, N-hidróxido sódico (según EC 60811-404; EN 60811-404)
Prueba de contracción	IEC 62930 Tab 2 según IEC 60811-503; EN 50618 Tab 2 según EN 60811-503 (máxima contracción 2 %)
Resistencia al calor húmedo	IEC 62930 Tab.2 y EN 50618 Tab. 21.000h a 90°C y 85% de humedad para IEC 60068-2-78, EN- 60068-2-78
Resistencia de aislamiento a largo plazo	IEC 62821-2 ; EN 50395-9 (240h/85 °C agua/1,8 KV DC)
Respetuoso con el medioambiente	Directiva RoHS 2011/65/EU de la Unión Europea
Ensayo de penetración dinámica	IEC 62930 Anexo D; EN 50618 Anexo D
Doblado a baja temperatura	Doblado y alargamiento a -40 °C según IEC 60811-504 y -505 y EN 50618 Tab.2 según N 60811-1-4 y EN 60811-504 y -505
Resistencia al impacto en frío	Resistencia al impacto a -40° C según IEC 62930 Anexo C según IEC 60811-506 y EN 50618 Anexo C según EN 60811-506
Durabilidad del marcado	IEC 62930; EN 50396

# EXZHELLENT® Class SOLAR

H1Z2Z2-K - Libre de halógenos

class  
exZhelent SOLAR



1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) - 1,5/1,5 kVdc (1,8/1,8 kVdc máx.)

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS

Número de conductores x sección	Diámetro máximo del conductor	Diámetro exterior del cable (valor máximo)	Radio mínimo de curvatura dinámico	Radio mínimo de curvatura estático	Peso kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C	Intensidad máxima admisible al aire	Intensidad máxima admisible al aire. T ambiente 60 °C y T conductor 120 °C	Caida de tensión V/(A·km)
(mm <sup>2</sup> )	(mm) (1)	(mm)	(mm)	(mm)	(t)	(Ω/km)	(2) A	(3)	(2)
1x1,5	1,8	5,4	22	16	33	13,7	24	30	27,4
1x2,5	2,4	5,9	24	18	45	8,21	34	41	16,42
1x4	3	6,6	26	20	61	5,09	46	55	10,18
1x6	3,9	7,4	30	22	80	3,39	59	70	6,78
1x10	5,1	8,8	35	26	124	1,95	82	98	3,90
1x16	6,3	10,1	40	30	186	1,24	110	132	2,48
1x25	7,8	12,5	63	50	286	0,795	140	176	1,59
1x35	9,2	14	70	56	390	0,565	182	218	1,13
1x50	11	16,3	82	65	542	0,393	220	276	0,786
1x70	13,1	18,7	94	75	742	0,277	282	347	0,554
1x95	15,1	20,8	125	83	953	0,210	343	416	0,42
1x120	17	22,8	137	91	1206	0,164	397	488	0,328
1x150	19	25,5	153	102	1500	0,132	458	566	0,264
1x185	21	28,5	171	114	1843	0,108	523	644	0,216
1x240	24	32,1	193	128	2394	0,0817	617	775	0,1634

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C).

→ XLPE2 con instalación tipo F → columna 13. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

Con exposición directa al sol, multiplicar por 0,85.

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).

Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima del conductor 120 °C.

Valor que puede soportar el cable, 20 000 h a lo largo de su vida estimada (25 años).

# ARMIGRON®-F Class (unipolar)

RVFAV / LX1AV / X1AV - Estándar de PVC

0,6/1 kV



**ARMIGRON**

## NORMAS

### CONSTRUCCIÓN

IEC 60502-1

### REACCIÓN AL FUEGO\*

UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2

## CLASIFICACIÓN CPR

### Cobre

DOP 000073

Clase E<sub>ca</sub>

### Aluminio

DOP 000198

Clase E<sub>ca</sub>

## CONSTRUCCIÓN

### 1. CONDUCTOR

Cobre o aluminio, clase 2 según UNE-EN 60228.

### 2. AISLAMIENTO

Poliétileno reticulado (XLPE) según IEC 60502-1.

### 3. CUBIERTA INTERIOR

Policloruro de vinilo (PVC).

### 4. ARMADURA

Fleje de aluminio.

### 5. CUBIERTA EXTERIOR

Policloruro de vinilo (PVC) tipo ST2 según IEC 60502-1.

## APLICACIONES

Cables armados con fleje de aluminio para la distribución de energía de baja tensión.

Resistente a la acción de los roedores.

Temperatura máxima del conductor: +90 °C.

Temperatura mínima de trabajo: -25 °C.



\* En azul ensayos de fuego válidos en la UE.

### DESCÁRGATE LA DOP

(declaración de prestaciones)

<https://es.prysmiangroup.com/dop>

Nº DoP 000073  
000198

**General Cable**

A Brand of Prysmian Group



# ARMIGRON®-F Class (unipolar)

RVFAV / LX1AV / X1AV - Estándar de PVC

0,6/1 kV



**ARMIGRON**

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS

### Cobre

Número de conductores x sección (mm <sup>2</sup> )	Diámetro nominal exterior (mm)	Peso nominal (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Intensidad admisible al aire (1)* (A)	Intensidad admisible enterrado (2)* (A)	Caída de tensión cos φ Ø (V/A.km)
1x25	15,0	430	135	122	96	2,2
1x35	16,0	535	144	153	117	1,5
1x50	17,5	670	158	188	138	1,2
1x70	19,5	905	176	243	170	0,86
1x95	21,5	1200	194	298	202	0,62
1x120	23,5	1440	212	350	230	0,53
1x150	25,5	1750	230	401	260	0,45
1x185	27,5	2140	248	460	291	0,37
1x240	30,5	2740	275	545	336	0,3
1x300	33,5	3360	302	630	380	0,26
1x400	37,5	4250	375	749	446	-
1x500	42,0	5219	420	861	-	-
1x630	47,0	6714	470	990	-	-

(1) Instalación en bandeja al aire (40 °C).

→XLPE3 con instalación tipo F columna 11 (1x, trifásica).

→XLPE2 con instalación tipo E columna 12(2x, 3G monofásica).

→XLPE3 con instalación tipo E columna 10b (3x,4x,4G, trifásica).

### Aluminio

Número de conductores x sección (mm <sup>2</sup> )	Diámetro nominal exterior (mm)	Peso nominal (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Intensidad admisible al aire (1)* (A)	Intensidad admisible enterrado (2)* (A)	Caída de tensión cos φ Ø (V/A.km)
1x25	15,0	285	135	91	58	2,2
1x35	16,0	325	144	114	74	1,5
1x50	17,5	390	158	140	90	1,2
1x70	19,5	500	176	180	107	0,86
1x95	21,5	610	194	219	132	0,62
1x120	23,5	730	212	254	157	0,53
1x150	25,0	860	225	294	178	0,45
1x185	27,5	1010	248	337	201	0,37
1x240	30,0	1260	270	399	226	0,3
1x300	33,0	1520	297	462	261	0,26
1x400	37,0	1890	333	-	-	0,22
1x500	41,5	2390	374	-	-	0,19
1x630	46,5	3070	419	-	-	0,17

(2) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo (25 °C) con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m/W.

→XLPE2 con instalación tipo D1/D2 2x, 3G monofásica.

→XLPE3 con instalación tipo Método D1/D2 3x,4x,4G, trifásica.

Según UNE-HD 60364-5-52; IEC 60364-5-52.

Para locales con riesgo de incendio o explosión (zonas ATEX) el REBT establece que los conductores deberán reducir un 15% su intensidad admisible para instalación convencional (ITC-BT 29, pto. 9.1.).

Valores nominales sujetos a variación en función de la tolerancia de fabricación.

**General Cable**

A Brand of Prysmian Group

# VULPREN® Class

## HEPRZ1 AL

### 12/20 (24) kV y 18/30 (36) kV



class  
**VULPREN**

#### NORMAS

##### CONSTRUCCIÓN

IBERDROLA NI 56.43.01

UNE-HD 620-9E

##### REACCIÓN AL FUEGO

UNE-EN 60754-1; IEC 60754-1

UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2

#### CLASIFICACIÓN CPR

DOP 000014

Clase **F<sub>ca</sub>**

#### CONSTRUCCIÓN

##### 1. CONDUCTOR

Aluminio de clase 2 según UNE-EN 60228.

##### 2. PANTALLA SOBRE CONDUCTOR

Semiconductor extruido.

##### 3. AISLAMIENTO

Etileno-propileno de alto módulo  
105 °C (HEPR).

##### 4. PANTALLA SOBRE AISLAMIENTO

Semiconductor extruido separable en frío.

##### 5. PANTALLA METÁLICA

Hilos de cobre con cinta a contraespira.

##### 6. CUBIERTA EXTERNA

Polioléfina tipo DMZ1.

Se puede fabricar con clase **E<sub>ca</sub>**

bajo demanda (cubierta DMZ2).

Color rojo.

#### APLICACIONES

Puede instalarse al aire, en bandejas  
o enterrado directamente o bajo tubo.

Cubierta resistente  
a la abrasión y al desgarró.

Fácil deslizamiento.

Libre de halógenos.

Resistencia a los rayos UVA

(HD 605 S3 y UNE 21 1 605).

Temperatura máxima del conductor: 105°C.

Temperatura ambiente mínima de servicio:

-25 °C.

#### CERTIFICACIONES



#### NORMALIZADO POR

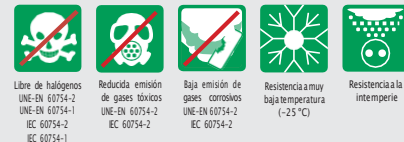
IBERDROLA

#### DESCÁRGATE LA DOP

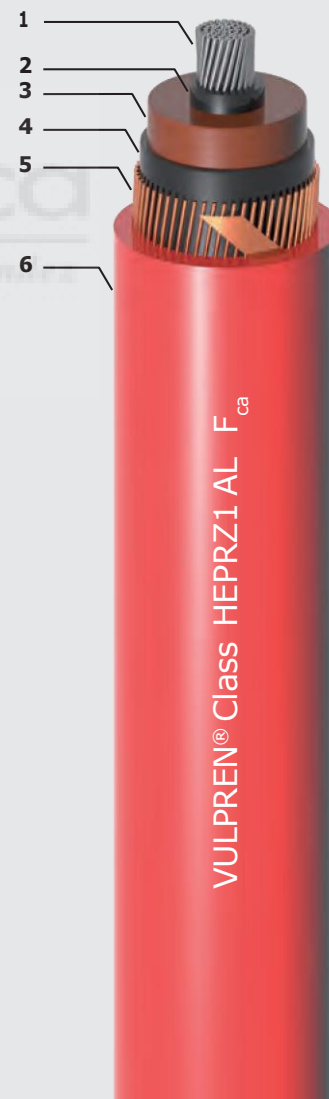
(declaración de prestaciones)

<https://es.prysmiangroup.com/dop>

Nº DoP 000014



Resistencia a las radiaciones UV  
UNE 211 605



General Cable

A Brand of Prysmian Group

Prysmian  
Group

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS

##### 12/20 (24) kV

Sección conductor Al / pantalla Cu (mm²)	Diámetro nominal sobre aislamiento (1) (mm)	Diámetro nominal exterior (1) (mm)	Peso (1) (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (1) (mm)	Intensidad máx. admisible al aire (2) (A)	Intensidad máx. admisible directamente enterrado (2) (A)	Intensidad máx. admisible bajo tubo enterrado (2) (A)	Resistencia en corriente continua a 20 °C (Ω /km)	Resistencia en corriente alterna a 105 °C (Ω /km)	Reactancia a 50 Hz (Ω /km)	Capacidad (μ F/km)
1X50/16 *	18,0	26,2	790	393	180	145	135	0,641	0,847	0,134	0,216
1X95/16	20,8	29,0	980	435	275	215	200	0,320	0,430	0,119	0,281
1X150/16 *	23,5	32,0	1205	480	360	275	255	0,206	0,277	0,112	0,329
1X240/16 *	27,6	36,1	1570	542	495	365	345	0,125	0,168	0,103	0,402
1X400/16 *	32,8	41,4	2115	621	660	470	450	0,0778	0,105	0,097	0,480
1X500/16	36,2	44,5	2625	668	775	540	515	0,0605	0,089	0,093	0,558
1X630/16 *	40,8	49,4	3075	741	905	615	590	0,0469	0,066	0,091	0,602

##### 18/30 (36) kV

Sección conductor Al / pantalla Cu (mm²)	Diámetro nominal sobre aislamiento (1) (mm)	Diámetro nominal exterior (1) (mm)	Peso (1) (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (1) (mm)	Intensidad máx. admisible al aire (2) (A)	Intensidad máx. admisible directamente enterrado (2) (A)	Intensidad máx. admisible bajo tubo enterrado (2) (A)	Resistencia en corriente continua a 20 °C (Ω /km)	Resistencia en corriente alterna a 105 °C (Ω /km)	Reactancia a 50 Hz (Ω /km)	Capacidad (μ F/km)
1X50/16 *	25,0	33,0	1205	495	180	145	135	0,641	0,847	0,155	0,147
1X95/16	25,6	33,9	1323	509	275	215	200	0,320	0,430	0,128	0,202
1X150/25 *	27,2	36,6	1520	549	360	275	255	0,206	0,277	0,120	0,247
1X240/25 *	31,4	40,6	1905	609	495	365	345	0,125	0,168	0,110	0,299
1X400/25 *	36,4	45,7	2480	686	660	470	450	0,0778	0,105	0,103	0,360
1X500/16	40,0	49,4	3000	741	775	540	515	0,0605	0,089	0,099	0,400
1X630/16 *	44,7	54,1	3525	812	905	615	590	0,0469	0,066	0,096	0,446

\*Secciones normalizadas por Iberdrola.

(1) Valores sujetos a variación en función de las tolerancias dimensionales.

(2) Intensidades máximas admisibles de acuerdo con UNE 211435 Tabla A.3.2. e ITC-LAT 06 del RLAT. Tres conductores dispuestos en trébol, al aire a 40 °C (a la sombra). Enterrados a 25 °C, 1 m de profundidad y 1,5 K·m/W.



---

PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA 4MW  
TRABAJO FIN DE GRADO

---

ANEXO IV: BIBLIOGRAFÍA

## Anexo IV: BIBLIOGRAFÍA

Society, I. P. (2017). *80-2000 IEEE*.

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico (BOE núm. 28, de 28/11/1997).
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos (BOE 10-06-2014).
- 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 núm. 310, de 27/12/2000).
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (BOE núm. 224, de 18/09/2002).
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (BOE núm. 224, de 18/09/2007).
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (BOE núm. 310, de 27/12/2013).
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos (BOE núm. 113, de 10/05/2016).
- Real Decreto 187/2016 del Ministerio de Industria, Energía y Turismo sobre exigencias de seguridad del material eléctrico.

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas en alta tensión y sus Instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23. Aprobado por Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo.
- Norma UNE-60364-5-523.
- Norma IEC 60287.
- Orden TED/171/2020.
- Real Decreto 1627/1997, Seguridad y salud.
- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.
- DIRECTIVA (UE) 2018/851 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero.

