



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR  
FOTOVOLTAICA DE 1 MWP EN LA CAMPANETA  
(ORIHUELA, ALICANTE) PARA VERTIDO A RED Y  
GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

AUTOR/A: Soriano Manresa, Carlos

Tutor/a: Riera Guasp, Martín Víctor

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

# **Agradecimientos**

Quiero aprovechar esta oportunidad para agradecer sinceramente a mis padres y amigos por su increíble apoyo durante la realización de mi TFG. Vuestra comprensión y vuestro tiempo dedicado han sido invaluable para mí. No habría podido lograrlo sin ustedes. ¡Mil gracias de corazón!

¡Hemos compartido risas, momentos difíciles y triunfos, y eso ha hecho que esta experiencia sea aún más especial! Estoy emocionado por lo que depara el futuro y agradezco tener personas tan increíbles a mi lado.

¡Gracias de nuevo por todo!

Con cariño, Carlos Soriano Manresa

## **Resumen:**

En el presente Trabajo Final de Grado se diseñará una planta solar fotovoltaica de 1MWp con generador y almacén de hidrógeno en la zona de La Campaneta (Orihuela, Alicante), siguiendo la normativa vigente. En este proyecto se dimensionan los componentes de la instalación, tanto del generador fotovoltaico como del sistema de producción y almacenamiento de hidrógeno. El trabajo incluye un análisis previo en el que se consideran varias opciones de generación de hidrógeno y un estudio de viabilidad económica de la solución desarrollada, según el presupuesto elaborado y las previsiones de producción.

## **Resum:**

En el present Treball Final de Grau es dissenyarà una planta solar fotovoltaica de 1MWp amb generador i magatzem d'hidrogen en la zona de La Campaneta (Orihuela, Alacant), seguint la normativa vigent. En aquest projecte es dimensionen els components de la instal·lació, tant del generador fotovoltaic com del sistema de producció i emmagatzematge d'hidrogen. El treball inclou una anàlisi previ en el qual es consideren diverses opcions de generació d'hidrogen i un estudi de viabilitat econòmica de la solució desenvolupada, segons el pressupost elaborat i les previsions de producció

## **Summary:**

In this Final Degree Project a 1MWp photovoltaic solar plant with generator and hydrogen storage will be designed in the area of La Campaneta (Orihuela, Alicante), following the current regulations. In this project, the components of the installation are dimensioned, both the photovoltaic generator and the hydrogen production and storage system. The work includes a preliminary analysis in which various hydrogen generation options are considered and a study of the economic viability of the solution developed, according to the budget prepared and the production forecasts.

## Índice

1.	Introducción .....	1
1.1.	Contexto y justificación del proyecto.....	1
1.2.	Objetivos .....	1
1.3.	Estructura del trabajo .....	1
2.	Fundamentos teóricos.....	2
2.1.	Energía solar fotovoltaica.....	2
2.1.1.	Efecto fotoeléctrico.....	2
2.2.	Hidrógeno verde.....	2
2.2.1.	Electrolisis .....	2
3.	Ubicación .....	3
4.	Legislación y normativa.....	5
5.	Diseño de la planta .....	6
5.1.	Componentes .....	7
5.1.1.	Módulo fotovoltaico.....	7
5.1.2.	Inversor.....	9
5.1.3.	Caja de combinatoria de CC.....	11
5.1.4.	Estructura soporte (Seguidor solar).....	12
5.1.5.	Centro de transformación.....	12
5.1.6.	Generador de hidrógeno verde.....	14
5.1.7.	Tanque de hidrógeno.....	15
5.1.8.	Tanque de agua.....	16
5.2.	Configuración de la planta.....	17
5.2.1.	Agrupación de módulos fotovoltaicos .....	17
5.2.2.	Generación de hidrógeno .....	17
5.3.	Producción anual esperada.....	18
5.4.	Cableado.....	18
5.4.1.	Tramo I: Seguidor a Caja Combinatoria .....	19
5.4.2.	Tramo II: Caja Combinatoria a Inversor.....	19
5.4.3.	Tramo III: Inversor a Centro de Transformación.....	19
5.5.	Protecciones .....	20
5.5.1.	Tramo I: Seguidor a Caja Combinatoria .....	20
5.5.2.	Tramo II: Caja Combinatoria a Inversor.....	21
5.5.3.	Tramo III: Inversor a Centro de Transformación.....	22
5.5.4.	Tramo IV: Centro de Transformación a Red de media tensión .....	22
5.5.5.	Puesta a Tierra.....	23

5.5.5.1.	Resistencia de puesta a tierra de las masas de baja tensión (Ra).....	23
5.5.5.2.	Resistencia de puesta a tierra de las masas del centro de transformación (Rc) .....	24
5.5.5.3.	Unión de puestas a tierra.....	24
6.	Mantenimiento .....	24
6.1.	Inspección y mantenimiento de los módulos de la planta .....	25
6.2.	Mantenimiento del inversor .....	28
7.	Análisis de viabilidad.....	29
7.1.	Análisis con generación de hidrógeno al 50% con vertido a red .....	30
7.1.1.	Payback.....	31
7.1.2.	VAN y TIR.....	32
7.2.	Análisis sin generación de hidrógeno y vertido a red.....	32
7.2.1.	Payback.....	33
7.2.2.	VAN y TIR.....	33
7.3.	Análisis con generación de hidrógeno al 25% con vertido a red .....	33
7.3.1.	Payback.....	34
7.3.2.	VAN y TIR.....	34
7.4.	Análisis con generación de hidrógeno al 75% con vertido a red .....	35
7.4.1.	Payback.....	35
7.4.2.	VAN y TIR.....	35
7.5.	Análisis sin generación de hidrógeno y vertido a red.....	36
7.5.1.	Payback.....	36
7.5.2.	VAN y TIR.....	36
7.6.	Conclusión.....	37
8.	Referencias y bibliografía.....	38

## Índice de tablas:

Tabla 1:	información de la parcela (elaboración propia) .....	3
Tabla 2:	especificaciones de los módulos solares (elaboración propia) .....	8
Tabla 3:	tabla de pesos (elaboración propia) .....	9
Tabla 4:	especificaciones inversor (elaboración propia) .....	10
Tabla 5:	especificaciones de caja combinatoria CC (elaboración propia) .....	11
Tabla 6:	especificaciones del seguidor solar (elaboración propia).....	12
Tabla 7:	especificaciones del transformador (elaboración propia).....	13
Tabla 8:	especificaciones generador de hidrógeno (elaboración propia).....	14
Tabla 9:	especificaciones fusible módulos (elaboración propia) .....	20
Tabla 10:	especificaciones interruptor seccionador para 12 módulos (elaboración propia) ..	21
Tabla 11:	especificaciones interruptor seccionador para 11 módulos (elaboración propia) ..	21
Tabla 12:	especificaciones interruptor seccionador para 6 módulos (elaboración propia) ...	21
Tabla 13:	especificaciones fusibles inversor 12 módulos (elaboración propia).....	21

Tabla 14: especificaciones fusibles inversor 11 módulos (elaboración propia).....	21
Tabla 15: especificaciones fusibles inversor 6 módulos (elaboración propia).....	21
Tabla 16: especificaciones fusibles transformador (elaboración propia).....	22
Tabla 17: resumen del presupuesto de la planta (elaboración propia) .....	29
Tabla 18: precios finales medios proporcionados por la OMIE en los últimos años (elaboración propia) .....	30
Tabla 19: flujo de caja con generación de hidrógeno al 50% (elaboración propia) .....	31
Tabla 20: flujo de caja sin generación de hidrógeno (elaboración propia) .....	33
Tabla 21: flujo de caja con generación de hidrógeno al 25% (elaboración propia) .....	34
Tabla 22: flujo de caja con generación de hidrógeno al 75% (elaboración propia) .....	35
Tabla 23: flujo de caja sin generación de hidrógeno (elaboración propia) .....	36

## Índice de ilustraciones:

Ilustración 1: foto aérea de la zona de implantación (elaboración propia) .....	3
Ilustración 2: información del catastro (elaboración propia).....	3
Ilustración 3: gráfica de precipitación (Clima Orihuela: temperatura, climograma y tabla climática para orihuela, s. f.) .....	4
Ilustración 4: gráfica de horas de sol (Clima Orihuela: temperatura, climograma y tabla climática para orihuela, s. f.) .....	4
Ilustración 5: módulo solar (Instalaciones Smart Spain, 2023) .....	9
Ilustración 6: inversor (ENF Ltd., s. f.) .....	10
Ilustración 7: caja combinatoria de CC (INGECON SUN STRING BOX, s. f.) .....	11
Ilustración 8: seguidor solar (Seguidor Solar a un eje - Industrias duero, s. f.) .....	12
Ilustración 9: transformador (Schneider Electric España, s. f.) .....	13
Ilustración 10: generador de hidrógeno (PEM Electrolyser SDS Portal   Nel hydrogen, s. f.) .....	15
Ilustración 11: tanques de hidrógeno (Corporativa, s. f.-b).....	16
Ilustración 12: tanque de agua soterrado (Tanque enterrado by AIUMAsC Exterior Building Products   ArchiExpO, s. f.).....	16

## Documento II: Presupuesto Arquímedes

### Documento III: Planos

Plano nº1: Situación y Emplazamiento

Plano nº2: Planta instalación

Plano nº3: Distribución del cableado

Plano nº4: Diagrama unifilar

### Anexo I: Cálculos

### Anexo II: Informe PVSyst



# **DOCUMENTO I: MEMORIA**

# 1. Introducción

## 1.1. Contexto y justificación del proyecto

El presente proyecto es de gran interés en el momento actual y de gran relevancia a futuro. Esto se debe a la gran y creciente dependencia energética que tenemos en la actualidad, dando lugar así al uso excesivo de energías no renovables ya sean petróleo, gas, carbón o nuclear que causan un gran impacto al medio ambiente.

Con este proyecto se pretende disminuir ese uso excesivo de energías no renovables buscando un futuro limpio y sostenible lejos de los gases de efecto invernadero, ya que la energía procedente de la una planta fotovoltaica está caracterizada por su bajo impacto medio ambiental por la reducción de las emisiones de gases contaminantes, su mantenimiento y utilizar un recurso inagotable. A esto se le añade la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009 que actualmente busca elevar hasta un 35% de energía renovable en uso definiendo lo dicho con anterioridad.

También podemos observar una gran caída en los costes para construir y generar energía de una planta fotovoltaica, tanto es así que están al mismo nivel de coste que las fuentes de energía convencionales ya mencionadas con anterioridad.

Y utilizando nuevas tecnologías de almacenamiento de energía para su uso cuando la planta no pueda producir energía por sí misma debido a factores externos ya sean estos por nocturnidad, desconexión de la red o desconexión de mantenimiento.

## 1.2. Objetivos

Plantear el diseño de una planta fotovoltaica de 1MWp de potencia pico con generación de hidrógeno verde y con conexión a red en suelo no urbanizable en la pedanía de La Campaneta (Orihuela, Alicante) tras el análisis de diferentes componentes para la planta, siguiendo la legislación tanto nacional, autonómica, provincial y local. Tras ello se evaluará el rendimiento y la eficiencia de la planta junto a su viabilidad económica.

## 1.3. Estructura del trabajo

Se procederá al diseño una vez estudiadas las alternativas propuestas mediante una serie de criterios tanto económicos como prácticos. Tras ello podremos realizar el análisis de rendimiento y eficiencia mediante el software “PVSyst” dando una aproximación teórica y por tanto ligeramente superior a la real pero lo suficientemente cercana como para poder avalar la producción. Por último, se realizará un presupuesto de la planta con el software de “CYPE (Arquímedes)” y un estudio de viabilidad con diferentes enfoques para determinar la rentabilidad de producir hidrógeno.

## 2. Fundamentos teóricos

### 2.1. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene al convertir la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico. Se trata de un tipo de energía renovable, inagotable y no contaminante que puede producirse en instalaciones que van desde los pequeños generadores para autoconsumo hasta las grandes plantas fotovoltaicas. (Corporativa, s. f.)

#### 2.1.1. Efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general). A veces se incluye en el término otros tipos de interacción entre la luz y la materia:

- Fotoconductividad: es el aumento de la conductividad eléctrica de la materia o en diodos provocada por la luz. Descubierta por Willoughby Smith en el selenio hacia la mitad del siglo XIX.
- Efecto fotovoltaico: transformación parcial de la energía luminosa en energía eléctrica. La primera célula solar fue fabricada por Charles Fritts en 1884. Estaba formada por selenio recubierto de una fina capa de oro.

El efecto fotoeléctrico fue descubierto y descrito por Heinrich Hertz en 1887. La explicación teórica solo fue hecha por Albert Einstein en 1905 quien basó su formulación de la fotoelectricidad en una extensión del trabajo sobre los cuantos de Max Planck. Más tarde Robert Andrews Millikan pasó diez años experimentando para demostrar que la teoría de Einstein no era correcta... y demostró que sí lo era. (*Efecto fotoeléctrico*, s. f.)

### 2.2. Hidrógeno verde

El hidrógeno verde es un hidrógeno que se produce a partir de fuentes renovables de energía, como la solar o la eólica. Se obtiene por electrólisis a partir de agua, que es un elemento natural. Consiste en la descomposición de las moléculas de agua en oxígeno e hidrógeno por acción de una corriente eléctrica. (Ingeoexpert, 2023)

#### 2.2.1. Electrólisis.

La electrólisis es un proceso mediante el cual se separan los elementos de un compuesto químico con la utilización de corriente eléctrica. Se liberan electrones por los aniones en el ánodo, produciéndose una oxidación, y se captan electrones por los cationes en el cátodo, produciéndose una reducción. (*Hello Auto*, s. f.)

### 3. Ubicación

La planta fotovoltaica se encuentra en la pedanía de La Campaneta perteneciente a la ciudad de Orihuela (Alicante) con coordenadas:

X: 684958,12 Y: 4217677,12 Huso: 30

La localización en el catastro es:

Polígono	Parcela	Referencia catastral	Superficie (m2)
75	47	03099A075000470000TZ	18.971

Tabla 1: información de la parcela (elaboración propia)



Ilustración 1: foto aérea de la zona de implantación (elaboración propia)



GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

SECRETARÍA DE ESTADO DE ENERGÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

**CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE**  
Referencia catastral: 03099A075000470000TZ

**DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE**

**Localización:**  
LG CAMPANETA 47[B] Polígono 75 Parcela 47  
LA CAMPANETA. 03300 ORIHUELA (ALICANTE)

**Clase:** RÚSTICO  
**Uso principal:** Agrario  
**Superficie construida:**  
**Año construcción:**

Subparcela	Cultivo/Aprovechamiento	Intensidad Productiva	Superficie m <sup>2</sup>
a	NR Agros regadio	06	15.737
b	NR Agros regadio	02	4.284
c	I- Irproductivo	00	112

**PARCELA**

**Superficie gráfica:** 18.971 m<sup>2</sup>  
**Participación del Inmueble:** 100,00 %  
**Tipo:** Parcela, a efectos catastrales, con inmuebles de distinta clase (urbano y rústico)



Ilustración 2: información del catastro (elaboración propia)

La superficie total de la parcela es 18.971 m<sup>2</sup>.

La conexión a red se efectuará con una línea subterránea de media tensión porque es muy cercano a la red de distribución.

En los Planos N°1: Situación y N°2: Emplazamiento se dará más detalle el emplazamiento de la planta

Se ha escogido este establecimiento debido a que Alicante y Murcia son de las ciudades españolas con más cantidad de sol anuales siendo estas calculadas por 3.630,02 (Clima Alicante: Temperatura, climograma y temperatura del agua de Alicante, s. f.) y 3.545,09 (Clima Murcia: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Murcia, s. f.) horas de media anuales respectivamente. Siendo en Orihuela 3.585,2 (Clima Orihuela: temperatura, climograma y tabla climática para orihuela, s. f.) horas promedio de sol aproximadamente en el año 2019.

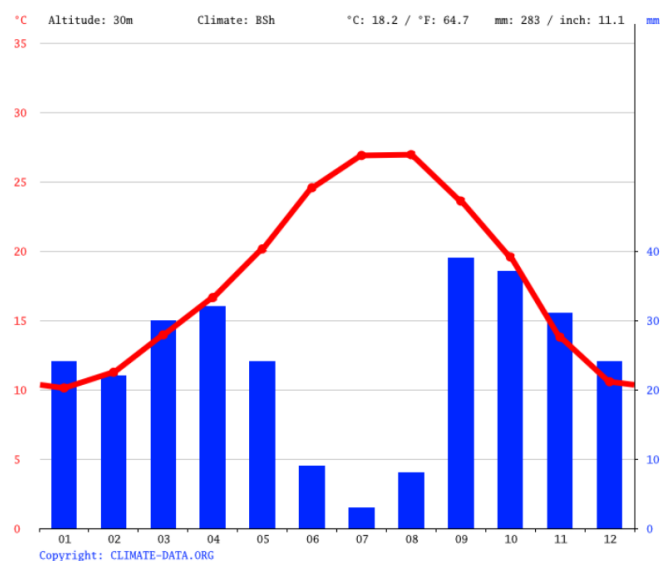


Ilustración 3: gráfica de precipitación (Clima Orihuela: temperatura, climograma y tabla climática para orihuela, s. f.)

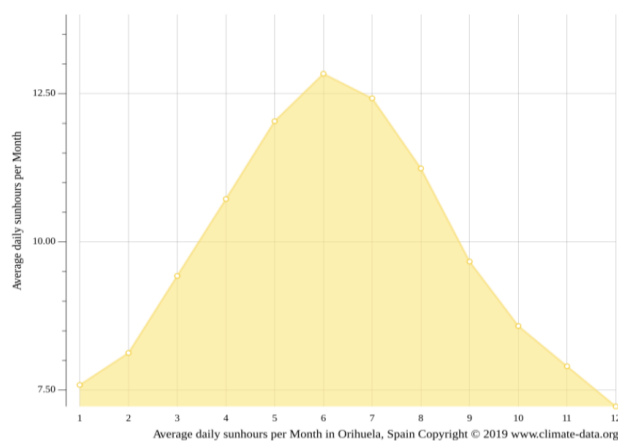


Ilustración 4: gráfica de horas de sol (Clima Orihuela: temperatura, climograma y tabla climática para orihuela, s. f.)

Estableciendo así una gran cantidad de horas de sol y por tanto de producción de energía. Esta cantidad de horas es debido las bajas precipitaciones tanto en invierno como en verano.

## 4. Legislación y normativa

Legislación para planta fotovoltaica con conexión a red:

- Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT)
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 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.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- PCT-C-REV de julio 2011, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, elaborado por IDAE y CENSOLAR.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- Real Decreto 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Reglamento (UE) 2016/631 de la Comisión, de 14 de abril de 2016, que establece un código de red sobre requisitos de conexión de generadores a la red.

- Real Decreto 647/2020, de 7 de julio, por el que se regulan aspectos necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión de determinadas instalaciones eléctricas.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética.
- Decreto-ley 14/2020, de 7 de agosto, de medidas para acelerar la implantación de instalaciones para el aprovechamiento de las energías renovables por la emergencia climática y la necesidad de la urgente reactivación económica
- Decreto-ley 1/2022, de 22 de abril, del Consell, de medidas urgentes en respuesta a la emergencia energética y económica originada en la Comunitat Valenciana por la guerra en Ucrania.

Legislación para la producción de hidrógeno verde:

- Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos.
- Real Decreto-ley 6/2022, de 29 de marzo, por el que se adoptan medidas urgentes en el marco del Plan Nacional de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la guerra en Ucrania.
- Real Decreto-ley 14/2022, de 1 de agosto, de medidas de sostenibilidad económica en el ámbito del transporte, en materia de becas y ayudas al estudio, así como de medidas de ahorro, eficiencia energética y de reducción de la dependencia energética del gas natural.
- Real Decreto-ley 18/2022, de 18 de octubre, por el que se aprueban medidas de refuerzo de la protección de los consumidores de energía y de contribución a la reducción del consumo de gas natural en aplicación del "Plan + seguridad para tu energía (+SE)", así como medidas en materia de retribuciones del personal al servicio del sector público y de protección de las personas trabajadoras agrarias eventuales afectadas por la sequía.

## 5. Diseño de la planta

El diseño de esta planta se hará con el objeto de producir 1MWp y utilizarlo tanto para el vertido a red como para la obtención de hidrógeno mediante la electrolisis inversa a partir de agua pura. Para el alcance del objetivo propuesto se expondrán los componentes principales y la justificación de su elección.

Los componentes serán: módulo fotovoltaico, caja combinatoria de CC, inversor, seguidor horizontal, centro de transformación, generador de hidrógeno y almacén de hidrógeno.

## 5.1. Componentes

### 5.1.1. Módulo fotovoltaico.

Los módulos fotovoltaicos están compuestos por células fotovoltaicas individuales unidas entre sí. Para garantizar la correcta inclinación y orientación con respecto a la luz solar, los módulos se colocan en estructuras de soporte específicas. Dos terminales de salida en cada módulo recogen y transfieren la corriente generada a los sistemas de gestión del parque solar. Los tipos más comunes de módulos fotovoltaicos son el silicio monocristalino, policristalino y de capa fina. (Módulo fotovoltaico, s. f.)

El silicio monocristalino tiene una eficiencia de aproximadamente un 18-21 % mientras que el silicio policristalino tiene una menor eficiencia (15-17 %) pero su rendimiento es mayor a lo largo del día. Los módulos de capa fina tienen una menor eficiencia, pero funcionan bien con luz difusa o a altas temperaturas.

Dentro del mercado existen muchos tipos y marcas para este proyecto se ha seleccionado una serie de 5 módulos:

Marca	Jinko (gama Cheeta plus)	Risen	Atersa (gama 144 1/2 Mono Perc 7")	Ja Solar	Jinko (gama Cheeta)
Modelo	Cheetah Plus HC 78M	RSM110-8- 550BMDG	A-550M GS 144	JAM72D30 -535/MB/ 1500V	
Máxima potencia (Pmax) [Wp]	445	550	550	535	400
Tensión a máx. potencia (Vmp)	43.72 V	31.96 V	40.83 V	41.64 V	40.16 V
Intensidad a máx. potencia (Imp)	10.18 A	17.22 A	13.48 A	12.97 A	9.96 A
Tensión en circuito abierto (Voc)	52.04 V	38.32 V	49.60 V	49.60 V	48.72 V
Intensidad en cortocircuito	10.84 A	18.23 A	14.04 A	13.79 A	10.61 A



(Isc)					
Coef. temperatura Pmax	-0.35 %/C	-0.34 %/C	-0.35 %/C	0.350 %/C	-0.35 %/C
Coef. temperatura Voc	-0.28 %/C	-0.25 %/C	-0.28 %/C	-0.275 %/C	-0.28 %/C
Coef. temperatura Isc	-0.048 %/C	-0.04 %/C	-0.048 %/C	0.045 %/C	-0.048 %/C
Eficiencia módulo	20.50%	21%	21.28%	20.8%	20.17%
Tensión máx. sistema	1000/1500V	1500 V	1500 V	1500 V	1500 V
Tolerancia de potencia	3%	3%	3%	3%	3%
Temperatura nominal de la celda	45°C+-2°C	44°C+-2°C	45°C+-2°C	45°C+-2°C	45°C+-2°C
Dimensiones (Al*An*Es)	2166 x 1002 x 35 mm	2384 x 1096 x 30 mm	2279 x 1134 x 35 mm	2285 x 1134 x 35 mm	1979 x 1002 x 30 mm
Protección IP	IP 67	IP 68	IP 68	IP 68	IP 67
Precio unitario	172.66 €	213.40 €	155.20 €	213.40 €	207.58 €

*Tabla 2: especificaciones de los módulos solares (elaboración propia)*

Los precios han sido extraídos del generador de precios de CYPE ya que no los precios a nivel industrial no están fijados y estos se negocian por lo que esta página da un precio estimado basándose en las características buscadas.

Para la elección del módulo se ha utilizado una asignación directa de importancia con Ad hoc siendo esta:

- Muy débil: 1
- Débil: 3
- Moderada: 5
- Fuerte: 7
- Muy Fuerte: 9

asignados a Ancho del panel, Largo del panel, Precio, Rendimiento y Potencia respectivamente ya que el resto de parámetros son muy similares entre sí y no siendo relevantes para la su selección.

	Potencia	Rendimiento	Precio	Largo	Ancho	
Pesos normalizados	0,36	0,28	0,2	0,12	0,04	
Jinko Cheetah plus	0,80909	0,96334	0,80909	0,90855	0,88359	0,47287
Risen	1	0,98684	1	1	0,96649	0,51765
Jinko Cheetah	0,72727	0,94783	0,72727	0,83012	0,88360	0,44603
Atersa	1	1	1	0,95596	1	0,51471
Ja Solar	0,97273	0,96804	0,97273	0,95847	1	0,50170
Tipo de variable	max	max	min	max	min	

Tabla 3: tabla de pesos (elaboración propia)

Mediante esta tabla se ha elegido el módulo para este proyecto siendo Risen.

El vatio saldrá a 0,388 euros con este módulo.

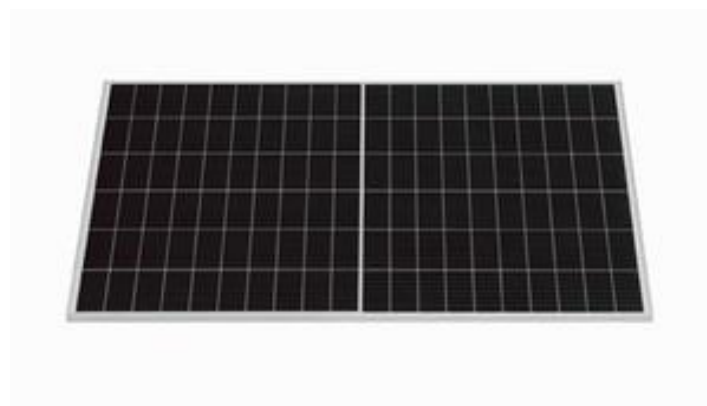


Ilustración 5: módulo solar (Instalaciones Smart Spain, 2023)

### 5.1.2. Inversor.

Un inversor de corriente, o convertidor de corriente, es un dispositivo eléctrico que se utiliza para transformar la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA) de manera que el voltaje proporcionado sea el mismo que el que podemos encontrar en cualquier enchufe de una vivienda o establecimiento. Estos se utilizan para aprovechar la energía eléctrica generada en los paneles solares con el fin de que puedan ser empleados en el uso diario, aunque también en generadores o en baterías de gran potencia. (Solarplak, 2023)

Para el diseño de la planta y con el objeto de 1 MWp se utilizará dos inversores de 500 kW, está división se crea para la prevención de futuros fallos en la planta así se seguirá generando, aunque uno de ellos falle.

<b>Inversor (Huawei SUN8000-500KTL)</b>	
Eficiencia	98,5%
Categoría de protección	IP20
Factor de potencia	0,8
<b>Valores de entrada CC</b>	
Tensión máxima de entrada (V)	1000
Corriente de entrada máxima por MPPT (A)	1224
Tensión de arranque (V)	475
Rango de tensión por (V)	500   850
Número independiente de entradas MPP	1-2
Número de entradas CC	10
<b>Valores de salida CA</b>	
Potencia activa (kW)	500
Tensión nominal de salida (V)	320
Intensidad máxima de salida (A)	1100
Frecuencia nominal de red de CA (Hz)	50
Distorsión armónica total máxima	<3%

Tabla 4: especificaciones inversor (elaboración propia)



Ilustración 6: inversor (ENF Ltd., s. f.)

### 5.1.3. Caja de combinatoria de CC

Una caja de combinatoria es un dispositivo de segundo nivel que se instala en el lado de CC para la conexión en paralelo con los grupos de cuerda de primer nivel.

Para este proyecto se ha escogido la caja de conexión de la marca Phoenix Contact siguiendo los cálculos de sección del cableado, el número de cadenas y el tamaño fusible que se requieran, expuestos en los siguientes apartados.

<b>Modelo</b>	<b>SOL-SC1-18ST-0-F1-SD-21</b>
Tensión nominal (V)	1000
Tensión máx. de funcionamiento continuo (V)	1100
Corriente nominal por cadena (A)	9
Corriente máxima por cadena (A)	12,5
Dimensiones (AnxAIxPr) (mm)	500x600x230
<b>Entrada</b>	
Número de cadenas	18
Protección de cadenas	18 fusibles 15A
Sección (mm <sup>2</sup> )	4-16
<b>Salida</b>	
Corriente nominal (A)	250
Sección máxima (mm <sup>2</sup> )	185

Tabla 5: especificaciones de caja combinatoria CC (elaboración propia)



Ilustración 7: caja combinatoria de CC (INGECON SUN STRING BOX, s. f.)

#### 5.1.4. Estructura soporte (Seguidor solar)

Un seguidor solar es un elemento utilizado en una instalación fotovoltaica para aumentar el rendimiento de la producción eléctrica. Mientras que una instalación fija mantiene la posición de los paneles solares durante todo el día, si utilizamos un seguidor solar los módulos se moverán acorde al lugar del sol en cada momento. (Admin, 2019)

Los seguidores funcionan también para proteger la planta cuando existe un temporal, utilizando la llamada posición defensiva. La posición defensiva es girar los paneles exteriores al máximo giro para frenar el viento y reduciendo el momento generado en los paneles interiores, aunque esto pueda parecer una desventaja tanto por coste inicial como por dificultad de mantenimiento, ahorrará en futuros costes de reemplazo de módulos.

El mayor beneficio de un sistema de seguimiento solar es que ofrece un aumento de la producción de electricidad. Con un seguidor solar de un eje obtiene un rendimiento del 25 al 35 % extra.

Modelo	TracSmart 1V monofila
Configuración estándar	30 módulos por fila
Recorrido de giro	+/-55°
Máxima pendiente N-S	15%
Máxima pendiente E-O	Ilimitado
Algoritmo de seguimiento	Solar Steel TracSmarT+ System SPA-NREL

Tabla 6: especificaciones del seguidor solar (elaboración propia)

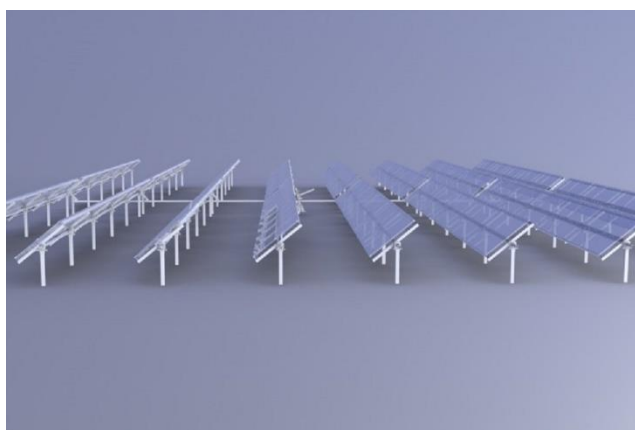


Ilustración 8: seguidor solar (Seguidor Solar a un eje - Industrias duero, s. f.)

#### 5.1.5. Centro de transformación

Según el reglamento, un centro de transformación (CT) es una instalación provista de uno o varios transformadores reductores de alta a baja tensión con la apartamentada y obra complementaria precisas. (Cardete, 2023)

Los elementos que componen un centro de transformación son: transformador, celdas (de entrada, de línea, de seccionamiento, de remonte, de medida y de protección del transformador mediante relés), cuadros de baja tensión, cables de media y baja tensión y envolvente.

Mecánicamente, el centro de subestaciones consta de bloques con cimentación propia que albergan celdas de media tensión, cajas de baja tensión para telecomunicaciones y servicios auxiliares, y transformadores para servicios auxiliares.

Para nuestro objetivo se ha escogido un transformador de la marca Trihal

<b>Tipo</b>	<b>Transformador seco encapsulado</b>
Dimensiones (Largo x Ancho x Alto) [mm]	1645 x 850 x 1800
Frecuencia [Hz]	50
Pérdidas en vacío [W]	2300
Pérdidas en carga [W]	11000
<b>Entrada (Baja Tensión)</b>	
Tensión de entrada (En vacío) [V]	420
Terminales de entrada	6
Conexiones suplementarias	Sí
<b>Salida (Alta Tensión)</b>	
Tensión de salida [V]	20000
Terminales de salida	3

*Tabla 7: especificaciones del transformador (elaboración propia)*



*Ilustración 9: transformador (Schneider Electric España, s. f.)*

### 5.1.6. Generador de hidrógeno verde

Para la generación de hidrógeno verde se utilizan dos procesos principalmente: la electrolisis y el reformado con vapor.

El reformado con vapor es un proceso donde reacciona vapor a alta temperatura y presión con los hidrocarburos en presencia de un catalizador de base metálica, y se produce un gas de síntesis. (Nuevo, 2023)

El proceso más eficiente y limpio, y por tanto el que se ha elegido es la electrolisis.

El generador de hidrógeno verde elegido para el proyecto es MC250 de la marca Nel hydrogen ya que este modelo tiene la capacidad de ser regulado y de trabajar con la potencia de la planta Las condiciones normales para la producción de hidrogeno es 0°C y 1 bar

<b>Marca</b>	<b>Nel hydrogen: MC250</b>
Potencia máxima [MW]	1.25
<b>Producción de hidrógeno</b>	
Caudal neto [Nm <sup>3</sup> /h]	246
Presión de suministro [bar]	30
Pureza del agua	99.95%
Consumo medio de energía por volumen de gas H <sub>2</sub> producido	4.5 kWh/N m <sup>3</sup>
Rango dinámico de producción	10-100%
<b>Entrada de agua</b>	
Consumo a máxima producción [L/h]	222
Temperatura [°C]	5-40
Calidad requerida	ASTM Tipo II Agua Desionizada

Tabla 8: especificaciones generador de hidrógeno (elaboración propia)



*Ilustración 10: generador de hidrógeno (PEM Electrolyser SDS Portal | Nel hydrogen, s. f.)*

### 5.1.7. Tanque de hidrógeno

El cómo se almacenará el hidrógeno es una cuestión muy importante que se sigue investigando hoy en día pues el hidrógeno tiene una densidad muy baja por lo que tiene que ser almacenado a muy alta presión si se desea hacerlo en estado gaseoso consumiendo mucha energía, pero la otra opción que existe, almacenar el hidrógeno en estado líquido, no es mejor energéticamente pues para alcanzar el estado líquido en el hidrógeno hay que enfriarlo a una temperatura de  $-235^{\circ}\text{C}$  a presión atmosférica.

En este caso no hay una opción clara pues ambas soluciones son aceptables, pero dependen de la gestión que hagamos de este ya que mientras el hidrógeno en estado líquido se usa en grandes producciones o en viajes a larga distancia para abaratar el coste de almacenaje, la opción de almacenarlo en estado gaseoso tiene como principal beneficio que es el estado de la red de, ya que según Arturo Gonzalo Aizpiri, consejero delegado de Enagás, España invertirá 4.670 millones de euros en construir una buena red de distribución de hidrógeno. Servirá para la distribución de este gas en la península, mediante el corredor de hidrógeno de España y conectar las futuras conexiones internacionales (Gonzalez, 2023), y no es necesario componentes extra para el enfriamiento.

Para la realización de este proyecto se utilizará el hidrógeno en estado gaseoso ya que el objeto del proyecto es usarlo como una batería, aunque sin dejar de contemplar la venta de este si fuera la opción económicamente más acertada.

Para este proyecto se utilizará un tanque de  $68\text{ m}^3$  y unas dimensiones de 6 metros de alto y 3,8 metros de diámetro se utilizará un espesor de chapa de 47mm debido al tamaño de la partícula.





Ilustración 11: tanques de hidrógeno (Corporativa, s. f.-b)

### 5.1.8. Tanque de agua

La planta necesita una gran cantidad de agua desionizada por lo que será llevada mediante un camión cisterna y almacenada en uno o varios tanques con gran capacidad para poder aprovisionar de manera semanal a la planta.

Para este proyecto se utilizará un tanque de 18,85 m<sup>3</sup> y unas dimensiones de 6 metros de alto y 2 metros de diámetro.



Ilustración 12: tanque de agua soterrado (Tanque enterrado by ALUMAsC Exterior Building Products | ArchiExpO, s. f.)

## 5.2. Configuración de la planta

### 5.2.1. Agrupación de módulos fotovoltaicos

Ya se han elegido los componentes de la planta con los que desarrollar la idea del proyecto.

Los módulos solares se conectarán en serie para sumar tensión generada y creando así los llamados comúnmente “strings” en inglés (cadenas en español), el límite de la suma de tensión generada viene dado por la tensión en circuito abierto ( $V_{oc}$ ) del panel escogido y la tensión máxima que puede soportar el inverso que es la tensión de cortocircuito máximo ( $V_{cc}$ , máx).

Tras ello se conectan en paralelo para aumentar la intensidad del conjunto de strings esto se hará en una DC Box.

Primero se calculará la cantidad de módulos que se pueden usar por cadena, esto se hará mediante la fórmula (1) y (2) del Anexo I: Cálculos, obteniendo así un total de 22 módulos por cadena ya que por un lado facilita tanto el montaje como la realización de planos por ser simétricos (11 módulos a cada lado del motor), también se aproxima a la configuración de los seguidores solares que se encuentra en torno a 30 módulos por seguidor.

Tras ello se calculará la cantidad de módulos necesarios para la implantación de la planta, esto se hará con la fórmula (14) del Anexo I: Cálculos dejando así un mínimo de 1819 módulos para que la planta pueda generar la potencia pico esperada.

Aunque este número sea el mínimo no podrá distar mucho del real ya que esta estimación de potencia dada es la que nos dejará aportar a red la empresa distribuidora. Esto dejará a la planta con un total de 83 cadenas y una potencia pico de 1004300 Wp con las fórmulas (16) y (18) del Anexo I: Cálculos.

Dando una potencia pico por encima de lo acordado pero lo suficientemente cercana como para que entre dentro de lo previsto.

Dejando una distancia entre seguidores solares de 5,96 metros para tener una relación de cobertura de suelo.

### 5.2.2. Generación de hidrógeno

Se plantea utilizar la mitad de la capacidad de producción de la planta para la producción de hidrógeno verde, cuya producción necesita ser almacenada y también necesita de almacenamiento de agua desionizada para su funcionamiento. Estos tanques de almacenaje serán enterrados tanto para no sobrecalentar los productos como para no generar sombras a los módulos y así no perder eficiencia en la producción.

Primero se calculará la producción máxima esperada por parte del generador utilizando la fórmula de (20) del Anexo I: Cálculos, y como se va a realizar el máximo se utilizará la mitad de la potencia pico de la planta, dando total de  $3111,11 \text{ Nm}^3/\text{semana}$ .

Para este volumen de producción y comprimiéndolo a 60 bares se utilizará un tanque de 1,9 m de radio y con un volumen del tanque de hidrógeno de  $68,05 \text{ m}^3$ .

Y por último se ha calculado la cantidad de agua necesaria para el correcto funcionamiento, dejando un tanque de 0,7 m de radio y dejando un volumen del tanque de  $9,236 \text{ m}^3$ .

Para ambos contenedores se ha utilizado una longitud de 6 metros.

### 5.3. Producción anual esperada

Los cálculos se han realizado mediante el software “PVSyst” (uno de los softwares más utilizados en los proyectos de plantas fotovoltaicas).

En este software se han introducido una serie de datos para que el programa llegue a simular con precisión:

- Una simulación realista del módulo
- Una simulación del inversor (ya que este no produce pérdidas)
- Crear una réplica de los seguidores (1:1)
- Crear una réplica de la planta (1:1)
- Añadir pérdidas:
  - Pérdidas de suciedad (3%)
  - Degradación inducida por la luz (1,6%)
  - Pérdida por desajuste de cadenas (0,1%)
  - Pérdida de calidad del módulo (0,8%)
  - Pérdidas en el cableado de CC (1,5% en STC)
  - Pérdidas por desajuste de módulos (2,0% de MPP)
  - Pérdida térmica ( $U_{c, \text{const}} 20,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Con todos estos datos el software es capaz de calcular la producción anual esperada es de 2011 MWh/año, la producción específica de 2002 kWh/kWp/año y PR (Ratio producción real entre un sistema ideal) de 79,99%. Estos datos se pueden observar el Anexo II: Informe PVSyst.

### 5.4. Cableado

En este apartado se procederá al cálculo tanto de criterio térmico como de caída de tensión y elección de los distintos tipos de cables que posee la planta en los diferentes tramos que son:

Seguidor a Caja combinatoria, Caja combinatoria a Inversor e Inversor a Centro de transformación. En todos los tramos enterrados estarán a una profundidad de 0,7 metros.

El método empleado para dimensionar los cableados de corriente continua, está recogido en la norma UNE 20460-5-523 y también en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

Según estas normativas los cables deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la nominal siendo esta de 22,7875 A y no pueden superar una caída de tensión de 1,5% en el lado de corriente continua.

#### 5.4.1. Tramo I: Seguidor a Caja Combinatoria

Este tramo se puede observar en el plano N°3 “Distribución de cables” siendo las líneas de color rojo, las cuales empiezan en una de las hincas de los extremos de los seguidores y llegan a la caja combinatoria ya que los cables que interconectan entre sí los módulos ya están dimensionados y aportados por los productores de estos.

Siguiendo el criterio térmico, el diámetro mínimo de 6 mm<sup>2</sup> de cobre con PVC, pero este diámetro no respeta la caída de tensión máxima asignada a este tramo, el diámetro del tramo será 10 mm<sup>2</sup> de cobre con PVC.

#### 5.4.2. Tramo II: Caja Combinatoria a Inversor

Este tramo se puede observar en el plano N°3 “Distribución de cables” siendo las líneas de color azul, las cuales empiezan en la caja combinatoria y llegan a los inversores.

Siguiendo el criterio térmico, el diámetro mínimo de 2 cables de 185 mm<sup>2</sup> de aluminio con PVC, en este tramo tras el cálculo del criterio de caída de tensión se verifica el uso del diámetro mínimo planteado.

Por último, se ha comprobado que los tramos de corriente continua no superasen el 1,5% de caída de tensión estipulada en la normativa.

#### 5.4.3. Tramo III: Inversor a Centro de Transformación

En este tramo solo se comprobará el criterio térmico debido a la cercanía existente entre los inversores y el centro de transformación.

En este caso la idea es meter tanto el centro de Transformación como los dos inversores en el interior de una caseta por lo que no hará falta enterrarlos, sino que irán por las paredes de está.

Por lo que se utilizarán bandejas verticales perforadas y un diámetro de 3 cables de 400 mm<sup>2</sup> de cobre con XLPE.

## 5.5. Protecciones

En este apartado justificaremos mediante cálculo el uso de los fusibles e interruptores seccionadores de la planta en los diferentes tramos y por último se justificará la puesta a tierra.

Los tramos serán los mismos que la selección de cableado añadiendo a esto la protección del Centro de transformación a la red de media tensión.

### 5.5.1. Tramo I: Seguidor a Caja Combinatoria

En este tramo se pondrán fusibles por línea, los fusibles se colocarán dentro de la caja combinatoria.

Los fusibles serán de la categoría gPV, con las medidas de 10 x 85 mm y con un mínimo de 10 kA de poder de corte.

Con esta información se calcularán los fusibles necesarios mediante la norma IEC 60269 - 6/2010 (Fusibles de baja tensión. Parte 6: Requisitos suplementarios para los cartuchos fusibles utilizados para la protección de sistemas de energía solar fotovoltaica) que rige la clase gPV.

En este caso se ha escogido el fusible (cantidad 166):

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	30 A
Poder de corte	20 kA

*Tabla 9: especificaciones fusible módulos (elaboración propia)*

Aplicando los cálculos de la norma ya que cumplimos las condiciones necesarias para utilizar las fórmulas (47) y (48) del Anexo I: Cálculos y seguidamente se calculará la intensidad de corte del fusible utilizando la fórmula (51) del Anexo I: Cálculos.

Además de esta protección la caja combinatoria viene equipada con descargador de sobretensiones de Tipo I + II, esto significa que se han ensayado simulando los efectos de una descarga directa de rayo (Tipo I) y también simulando los efectos secundarios del rayo ya sean conducción, inducción y elevación del potencial del terreno (Tipo II).

Además de los fusibles en cada rama existirá un interruptor seccionador en cada caja combinatoria para protección y mayoritariamente para el uso de mantenimiento de la planta en total 8 interruptores seccionadores.

Hay que contemplar que existen tres clases de conexiones a caja dependiendo del nº de ramas por caja, estos son 12, 11 o 6 ramas ya que esto afectará a la fórmula (53) y (54) del Anexo I: Cálculos.

Con 12 ramas (cantidad 5):

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	250 A
Poder de corte	10 kA

*Tabla 10: especificaciones interruptor seccionador para 12 módulos (elaboración propia)*

Con 11 ramas (cantidad 1):

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	250 A
Poder de corte	10 kA

*Tabla 11: especificaciones interruptor seccionador para 11 módulos (elaboración propia)*

Con 6 ramas (cantidad 2):

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	125 A
Poder de corte	10 kA

*Tabla 12: especificaciones interruptor seccionador para 6 módulos (elaboración propia)*

### 5.5.2. Tramo II: Caja Combinatoria a Inversor

En este tramo se utilizarán únicamente fusibles con sus respectivos portafusibles independientes a la instalación para proteger la entrada del inversor ya que es la zona donde se concentrarán todos los cables de salida de las cajas combinatorias.

Al igual que los fusibles de la caja combinatoria se hará uso de las ecuaciones aportadas por la norma IEC 60269-6/2010. Existiendo los mismos tres casos ya mencionados que son: 12, 11 o 6 ramas. Al igual que en el tramo I se utilizarán las fórmulas (47) y (48) del Anexo I: Cálculos. Con 12 ramas (cantidad 10):

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	315 A
Poder de corte	30 kA

*Tabla 13: especificaciones fusibles inversor 12 módulos (elaboración propia)*

Con 11 ramas (cantidad 2):

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	315 A
Poder de corte	30 kA

*Tabla 14: especificaciones fusibles inversor 11 módulos (elaboración propia)*

Con 6 ramas (cantidad 4):

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	160 A
Poder de corte	30 kA

*Tabla 15: especificaciones fusibles inversor 6 módulos (elaboración propia)*

Además de estas protecciones los inversores poseen descargadores de sobretensiones a ambos lados, entrada y salida del inversor quedando protegido.

### 5.5.3. Tramo III: Inversor a Centro de Transformación

Este tramo es el primero que ya se encuentra en corriente alterna dejando de aplicarse la norma IEC 60269-6/2010.

Los fusibles deberán soportar la intensidad de cortocircuito del transformador, los fusibles serán:

Tensión asignada	600 V <sub>ca</sub>
Intensidad nominal	1100 A
Poder de corte	200 kA

*Tabla 16: especificaciones fusibles transformador (elaboración propia)*

Los fusibles se colocarán para la máxima seguridad a la entrada del devanado de baja tensión y no a la salida de los inversores. Se necesitará un fusible por cable.

### 5.5.4. Tramo IV: Centro de Transformación a Red de media tensión

El centro de transformación será de carácter modular y poseerá la siguiente serie de módulos:

- Celda de salida de energía del centro a la red
- Celda de protección
- Celda de medida

En este apartado se trabará la celda de protección, el que se calculará el uso de un interruptor automático siendo este lo único necesario y siendo lo normal, esto solo se podría comparar con un interruptor de carga y un fusible.

La normativa aplicada cambiará de IEC 60269 -6/2010 (Fusibles de baja tensión. Parte 6: Requisitos suplementarios para los cartuchos fusibles utilizados para la protección de sistemas de energía solar fotovoltaica) a la norma UNE-EN IEC 62271-100: Aparata de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna, ya que este tramo no se encuentra en corriente continua.

Donde se dan las especificaciones comunes de gran importancia:

- Tensión nominal: 24 kV
- Intensidad nominal: 400, 630, 1250 A
- Nivel de aislamiento, indicando la tensión que se soporta entre fases y entra fases y tierra, en ensayos de escasa duración a una frecuencia de 50 Hz durante un tiempo de 1 minuto de 50 kV y a impulso en forma de rayo de 125 kV.

- Intensidad de breve duración (1 segundo):  $I_{n, th}$  entre 16, 25 kA.
- Intensidad de pico o cresta:  $I_{n, p}$  entre 40, 67 kA.
- Poder de corte nominal, a 20 kV:  $I_{n, c}$  depende del tipo de aparato.
- Poder de cierre nominal: 50 kA.
- Tiempo total de corte: Entre 50 y 60 ms.

### 5.5.5. Puesta a Tierra

Para poder comenzar con este apartado, se han de definir una serie de conceptos no utilizados hasta el momento, los cuales son:

- Puesta a tierra es la unión eléctrica, sin fusibles ni protección alguna, de una parte, del circuito eléctrico (normalmente del punto neutro) o de una parte conductora no perteneciente al mismo, con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, cuyo objetivo es conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y al mismo tiempo permitir el paso a tierra de corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico. (Roger Folch et al., 2021)
- Masa que es cualquier parte conductora accesible de un aparato o instalación eléctrica, que es susceptible de ser puesta bajo tensión como consecuencia de un fallo en las disposiciones tomadas para su aislamiento. (Roger Folch et al., 2021)
- Elemento conductor es cualquier objeto metálico susceptible de propagar un potencial, situado en las proximidades de una instalación eléctrica pero no perteneciente a ella. (Roger Folch et al., 2021)

En este apartado existirá dos localizaciones de puesta a tierra, estas serán:

- La planta fotovoltaica
- Centro de transformación

Esto es así ya que por el apartado 18 del REBT se tendrá que verificar la separación de las puestas a tierra de las masas de la instalación y de las masas del centro de transformación. Aunque en este caso se comprobará si es posible su unión mediante los cálculos aportados para la excepción de la separación de la instalación y del centro de transformación

#### 5.5.5.1. Resistencia de puesta a tierra de las masas de baja tensión ( $R_a$ )

Para la puesta a tierra de las masas de baja tensión se utilizarán los siguientes materiales:

- Picas de acero recubierto de cobre de 2 metros de longitud y diámetro de 14 mm<sup>2</sup>
- Conductor de cobre desnudo de 35mm<sup>2</sup> de sección

Con los materiales ya dichos se procede a realizar los cálculos de la resistencia que se aproximara a una red mallado debido a la distribución de la planta.



El área del mallado es 19791,8036 m<sup>2</sup> y una longitud de cableado es 6492,788 m, dando lugar a una resistencia de tierra de 0,165187  $\Omega$ .

#### 5.5.5.2. Resistencia de puesta a tierra de las masas del centro de transformación ( $R_c$ )

Para la puesta a tierra de las masas del centro de transformación se utilizarán los siguientes materiales:

- Picas de acero recubierto de cobre de 2 metros de longitud y diámetro de 14 mm<sup>2</sup>
- Conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección

Utilizando así las mismas picas que en las masas de baja tensión facilitando la construcción de la planta con una configuración de 8 picas a una profundidad de 0,8 metros, la resistencia de puesta a tierra de 4,2  $\Omega$ .

#### 5.5.5.3. Unión de puestas a tierra

Para poder eximir a la planta de la separación de la puesta a tierra de baja tensión y la puesta a tierra del centro de transformación se plantea según el REBT, donde se pide que la tensión de defecto sea menor de la tensión de contacto máximo aplicada ( $V_d < U_{c,adm}$ ).

La puesta a tierra se puede unir ya que la tensión de contacto máximo aplicada es mayor a la tensión de defecto con una resistencia de 0,15894  $\Omega$ , una intensidad de defecto 461,871 A, una tensión de defecto de 73,4098 V y una tensión de contacto máximo aplicada de 269,75 V.

## 6. Mantenimiento

Según el CTE el mantenimiento debe seguir lo siguiente

Para englobar las operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones complementarios de actuación:

- a) plan de vigilancia;
- b) plan de mantenimiento preventivo.

### **Plan de vigilancia**

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación son correctos. Es un plan de observación simple de los

parámetros funcionales principales (energía, tensión etc.) para verificar el correcto funcionamiento de la instalación, incluyendo la limpieza de los módulos en el caso de que sea necesario.

### **Plan de mantenimiento preventivo**

- 1) Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.
- 2) El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar fotovoltaica y las instalaciones eléctricas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo.
- 3) El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles ó desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.
- 4) El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una revisión semestral en la que se realizarán las siguientes actividades:
  - a) comprobación de las protecciones eléctricas;
  - b) comprobación del estado de los módulos: comprobar la situación respecto al proyecto original y verificar el estado de las conexiones;
  - c) comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.
  - d) comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.

Además de esta lista de obligaciones de mantenimiento, hay que cumplir el mantenimiento de los fabricantes de los componentes de la planta:

## **6.1. Inspección y mantenimiento de los módulos de la planta**

Para garantizar el uso a largo plazo del sistema FV instalado y maximizar la potencia de salida de los módulos, es necesario inspeccionar y mantener periódicamente los módulos FV instalados según el fabricante.

La inspección y el mantenimiento de los módulos del campo fotovoltaico serán llevados a cabo por personal que haya recibido formación profesional en mantenimiento de sistemas FV y haya obtenido las cualificaciones y autorización.

#### 1. Reciclaje de módulos FV

- a. El módulo FV que no pueda utilizarse debido a un mal funcionamiento deberá desactivarse. Puede deshacerse de estos componentes muertos de las siguientes maneras:
  - i. Consulte y siga las leyes y normativas locales, debe contar con una institución cualificada para recuperar el procesamiento, la eliminación del producto;
  - ii. Si su zona está cubierta por un especialista en ciclos fotovoltaicos, puede ponerse en contacto directamente con ellos para su procesamiento.

#### 2. Inspección visual y sustitución del módulo

- a. Los módulos FV instalados en el campo FV deben inspeccionarse periódicamente para detectar posibles daños. Si se detectan fallos funcionales y de seguridad, los módulos del mismo tipo deben sustituirse inmediatamente.
  - i. Los módulos FV tienen el cristal roto, la lámina posterior rayada.
  - ii. Las burbujas o la delaminación forman un camino continuo entre el circuito eléctrico y el borde del módulo.
  - iii. La caja de conexiones está deformada, agrietada o quemada, y los terminales no se pueden conectar bien.
- b. Sustituya los módulos FV averiados por otros del mismo tipo. No toque directamente los cables y conectores bajo tensión. Cuando necesite tocarlos, utilice dispositivos de seguridad adecuados (herramientas/guantes aislantes, etc.).
- c. Las señales de advertencia de los módulos FV no deben perderse.
- d. Compruebe las conexiones eléctricas, de tierra y mecánicas cada 6 meses para asegurarse de que están limpias y seguras, sin daños ni óxido. Compruebe que las piezas de montaje estén bien apretadas. Compruebe todos los cables y asegúrese de que los conectores están bien sujetos. Los marcos y soportes de los módulos FV deben estar bien conectados mecánicamente.
- e. Compruebe si hay algún cuerpo extraño en la superficie de los módulos FV y si hay algún blindaje.
- f. Al reparar los módulos FV, cubra la superficie de los módulos FV con material opaco para evitar eléctrica. La exposición de los módulos FV a la luz solar generará altas tensiones, lo cual es peligroso. Preste atención a la seguridad durante el mantenimiento, que debe ser realizado por profesionales.
- g. Cuando la irradiancia no sea inferior a  $200\text{W/m}^2$ , si la tensión de los terminales difiere en más de un 5% del valor nominal, indica que la conexión de los módulos no es buena.

- h. Siga las instrucciones de mantenimiento de todos los módulos utilizados en el sistema FV, como soportes, rectificadores de carga, inversores, baterías, sistemas de protección contra rayos, etc.
- i. Advertencia: Cualquier mantenimiento eléctrico debe desconectar primero el sistema FV. El mantenimiento inadecuado del sistema puede causar peligros mortales como descargas eléctricas y quemaduras.

### 3. Limpieza

- a. La acumulación de polvo en la superficie de cristal del módulo reducirá su potencia y puede causar puntos calientes. Por lo tanto, la superficie de los módulos fotovoltaicos debe mantenerse limpia. Los trabajos de mantenimiento deben realizarse al menos una vez al año o con frecuencia.
- b. Advertencia: Debe ser realizado por personal cualificado. Los trabajadores deben llevar EPI, como gafas, guantes de aislamiento eléctrico y calzado de seguridad. Los guantes deben soportar tensiones de CC no inferiores a 2000V.
- c. Utilice paños suaves secos o húmedos, esponjas, etc. para limpiar los módulos durante el proceso de limpieza, pero no directamente en el agua, no utilice disolventes corrosivos ni limpie los módulos fotovoltaicos con objetos duros. Cuando se utiliza el agua a presión, la presión del agua sobre la superficie de cristal del módulo no debe superar los 700 KPa. El módulo no debe someterse a una fuerza externa adicional. Si es necesario, utilice alcohol isopropílico (IPA) de acuerdo con las instrucciones de seguridad para limpiarlo y asegúrese de que no penetre alcohol isopropílico (IPA) en el espacio entre el borde del módulo y el marco del módulo.
- d. Limpie los módulos FV cuando la irradiancia sea inferior a 200W/m<sup>2</sup>. El líquido con una gran diferencia de temperatura en comparación con los módulos no debe utilizarse para la limpieza. Por ejemplo, no utilice agua fría para limpiar el módulo cuando la temperatura del mismo sea alta durante el día, de lo contrario existirá el riesgo de que el módulo se dañe.
- e. Está prohibido limpiar los módulos fotovoltaicos en condiciones meteorológicas de lluvia intensa, nieve intensa o vientos superiores a la clase 4.
- f. Normalmente no es necesario limpiar la superficie posterior del módulo, pero en caso de que se considere necesario, evite el uso de objetos punzantes que puedan dañar o penetrar en el material del sustrato.
  - i. Requisitos de agua para la limpieza:
  - ii. PH: 5~7 ;
  - iii. Contenido de cloruro o sal: 0 - 3.000 mg/L
  - iv. Turbidez: 0-30 NTU
  - v. Conductividad: 1500~3000  $\mu$ s/cm
  - vi. Sólidos disueltos totales:  $\leq$ 1000 mg/L
  - vii. Dureza del agua: 0-40 mg/L
  - viii. Debe utilizarse agua no alcalina, y puede utilizarse agua ablandada cuando las condiciones lo permitan.

### 4. Inspección del módulo después de la limpieza

- a. Inspección visual para comprobar si el módulo está limpio, brillante y sin manchas;
- b. Comprobación puntual para verificar si hay depósitos de hollín en la superficie del módulo;
- c. Comprobar si hay arañazos visibles o no en la superficie del módulo;
- d. Comprobar si no hay grietas artificiales en la superficie del módulo;
- e. Comprobar si la estructura de soporte del módulo está inclinada o doblada o no;
- f. Comprobar si los conectores del módulo están desprendidos o no;
- g. Después de la limpieza, rellenar el registro de limpieza del módulo fotovoltaico.

## 6.2. Mantenimiento del inversor

La principal importancia de realizar un mantenimiento a los inversores solares es que ayudan a mantener un buen funcionamiento, además a través del chequeo puedes verificar que no haya accidentes o riesgos para tus clientes.

Por ello, hay varios tipos de mantenimiento que regularmente debes realizar, y estos son:

### **Mantenimiento periódico**

Este tipo de mantenimiento, como su nombre lo indica cada determinado tiempo o trabajo del inversor se realiza un mantenimiento y revisión, a través de pruebas se determina que es lo que necesita el equipo.

### **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo ayuda a mitigar los fallos que pudiesen presentarse en el inversor solar, como pueden ser fallos repentinos, puntos muertos, detección de puntos débiles en la instalación y funcionamiento, entre otros aspectos para asegurar la vida útil del equipo.

### **Mantenimiento correctivo**

Este mantenimiento se realiza cuando ya se ha presentado una falla en el inversor solar. Por lo que primero se realiza una evaluación o un diagnóstico del equipo para encontrar de dónde provino la falla y saber cuáles son las acciones que se deben tomar para realizar la reparación o hacer un reemplazo de ser necesario.

Pero nuestra recomendación es instalar un monitoreo ya que con ello es más fácil detectar el error y la posible solución, sin mencionar que algunas marcas lo requieren para aplicar la garantía.

### **Mantenimiento de inversores solares**

Ahora que conoces más sobre la importancia del mantenimiento a inversores y los diferentes tipos que existen, podemos hablar sobre las acciones específicas que necesitas realizar.

Y así como sucede en los paneles solares, también a los inversores es necesario cuidarlos del polvo, suciedad, humedad, filtraciones de agua, conexiones eléctricas, etc.

Al menos una vez al mes:

- Lectura de datos archivados y memoria de fallos.

Al menos una vez cada seis meses:

- Limpieza o recambio de los filtros de entrada de aire.
- Limpieza de rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.
- Limpieza de ventiladores externos en caso de aplicar.

Al menos una vez al año:

- Comprobar el sellado de las carcasas del inversor.
- Inspecciones de polvo, suciedad, humedad, filtraciones de agua en el interior.
- Revisar firmeza en todas las conexiones del cableado eléctrico.
- Comprobar el funcionamiento de los ventiladores y atender a los ruidos.
- Inspeccionar las etiquetas de indicación de advertencia y en cada caso reemplazarlas.
- Cambiar conexiones deterioradas o los elementos de conexión oxidados.
- Verificar el envejecimiento de los descargadores de sobretensión y en dado caso reemplazarlos.
- Inspección visual de los fusibles y seccionadores existentes, hacer las reparaciones pertinentes según sea el caso.
- Revisión de funcionamiento de dispositivos de protección, como son:
  - Interruptores de conexión de la corriente de defecto
  - Interruptores automáticos
  - Interruptores de potencia

(Solarama & Solarama, 2021)

## 7. Análisis de viabilidad

La siguiente tabla es un resumen del presupuesto:

Presupuesto de ejecución material	1.757.042,67 €
12% de gastos generales	210.845,12 €
6% de beneficio industrial	105.422,56 €
Suma	2.073.310,35 €
21% IVA	435.395,17 €
Presupuesto de ejecución por contrata	2.508.705,52 €

*Tabla 17: resumen del presupuesto de la planta (elaboración propia)*

Con este presupuesto y con los costes de mantenimiento y de los costes uso de la planta, cuyos valores aproximados son 8000 € y 8373,75€ respectivamente.

Para la realización de un análisis completo se estudiarán dos casos diferenciados, el primer caso consistirá en el uso de la planta dividiendo la mitad de la generación de energía a la para la venta de hidrógeno verde y el segundo caso se utilizará la planta completamente a la producción de electricidad para el aporte a red.

Antes de realizar los análisis se observarán los precios del mercado y se preverán los precios a 25 años vista, siendo estos los años a los que está destinado a funcionar una planta fotovoltaica promedio. Junto a ello también se preverá el descenso de producción de la planta.

El mercado eléctrico es un mercado en constante cambio como se puede observar en la siguiente tabla el precio final medio de la electricidad (obtenido de la OMIE) ha variado en gran medida:

Año	Precio final medio (€/MWh)
2022	204,5
2021	118,62
2020	40,38
2019	53,43

Tabla 18: precios finales medios proporcionados por la OMIE en los últimos años (elaboración propia)

Los precios han aumentado mucho en los últimos dos años, aunque esto no quiere decir que el precio no pueda bajar respecto al año anterior, por lo que se hace una tarea imposible intentar adivinar como cambiará el precio en un futuro.

Para tener un carácter conservador se supondrá el precio esperado por parte de España y la Unión Europea para 2030, como expone Fariza I. (2023) en su artículo, este precio será de 45 €/MWh

Por lo que se realizará un descenso lineal del precio hasta 2030 y estancándolo, con un descenso en la producción garantizado por el productor de 0,45% anual durante 30 años empezando por un 98% a partir del primer año.

## 7.1. Análisis con generación de hidrógeno al 50% con vertido a red

En este primer análisis se comprobará la rentabilidad de la planta con un precio venta del hidrógeno verde de 5 €/kg esto es así para generar un precio de venta competitivo, ya que el precio medio de venta del hidrógeno verde es de 9 € y el del hidrógeno gris es de 1,5 €/kg, junto a estos precios la unión europea espera que en un futuro cercano el hidrógeno verde baje a precios del hidrógeno gris. Al igual que la electricidad se considerará toda la venta del hidrógeno

### 7.1.1. Payback

El payback o plazo de recuperación es un criterio para evaluar inversiones que se define como el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión. Es un método estático para la evaluación de inversiones. (Morales, 2023)

Para realizar este criterio los años empiezan en el año 0 que será el año de inversión inicial.

La fórmula es:

$$\text{Payback} = \text{Año de última caja negativa} + \frac{|\text{flujo de caja acumulado cada año}|}{\text{Beneficio año siguiente}} \quad (1)$$

Año	Costes		Beneficio				Beneficios (€)	Flujo de caja Precio venta (€)	
	Inversión inicial (€)	Mantenimiento y costes de producción (€)	Producción electricidad para venta (MWh/año)	Precio venta (€/MWh)	Producción hidrógeno (kg/año)	Precio venta (€/kg)			Total, Precio venta (€)
0	2.508.705,52	0	0	0	0	0	0	-2508705,52	-2508705,52
1	0	16373,75	1005,5	164,62	19950,39	5	265282,42	248908,67	-2259796,85
2	0	16373,75	985,39	144,68	19551,38	5	240330,56	223956,81	-2035840,04
3	0	16373,75	981,0663	124,75	19465,60	5	219716,04	203342,29	-1832497,75
4	0	16373,75	976,7427	104,81	19379,81	5	199273,92	182900,17	-1649597,58
5	0	16373,75	972,4190	84,875	19294,02	5	179004,21	162630,46	-1486967,12
6	0	16373,75	968,0954	64,93	19208,24	5	158906,91	142533,16	-1344433,96
7	0	16373,75	963,7717	45	19122,45	5	138982,01	122608,26	-1221825,71
8	0	16373,75	959,4481	45	19036,66	5	138358,51	121984,76	-1099840,95
9	0	16373,75	955,1244	45	18950,88	5	137735,01	121361,26	-978479,69
10	0	16373,75	950,8008	45	18865,09	5	137111,51	120737,76	-857741,93
11	0	16373,75	946,4771	45	18779,30	5	136488,01	120114,26	-737627,66
12	0	16373,75	942,1535	45	18693,52	5	135864,52	119490,77	-618136,9
13	0	16373,75	937,8298	45	18607,73	5	135241,02	118867,27	-499269,63
14	0	16373,75	933,5062	45	18521,94	5	134617,52	118243,77	-381025,86
15	0	16373,75	929,1825	45	18436,16	5	133994,02	117620,27	-263405,58
16	0	16373,75	924,8589	45	18350,37	5	133370,53	116996,78	-146408,81
17	0	16373,75	920,5352	45	18264,58	5	132747,03	116373,28	-30035,53
18	0	16373,75	916,2116	45	18178,80	5	132123,53	115749,78	85714,25
19	0	16373,75	911,8879	45	18093,01	5	131500,03	115126,28	200840,53
20	0	16373,75	907,5643	45	18007,22	5	130876,53	114502,78	315343,32
21	0	16373,75	903,2406	45	17921,44	5	130253,04	113879,29	429222,6
22	0	16373,75	898,917	45	17835,65	5	129629,54	113255,79	542478,39
23	0	16373,75	894,5933	45	17749,86	5	129006,04	112632,29	655110,68
24	0	16373,75	890,2697	45	17664,08	5	128382,54	112008,79	767119,48
25	0	16373,75	885,9460	45	17578,29	5	127759,05	111385,3	878504,77

Tabla 19: flujo de caja con generación de hidrógeno al 50% (elaboración propia)

Como se puede observar en la tabla el año de la última caja negativa es el año 17, el flujo de caja acumulado de ese año es -30035,53 € y el beneficio del año siguiente es 115749,78 €.

Y utilizando la fórmula anterior queda un payback de 17,26 años.



### 7.1.2. VAN y TIR

El valor actual neto (VAN) es una métrica financiera que se utiliza para evaluar las oportunidades de inversión. En su forma más básica, el VAN permite a los inversores y a las empresas determinar el valor futuro de una inversión. Dicho de otra manera, indica si una empresa o una inversión ganará dinero a lo largo del tiempo. (S & S, 2023)

La Tasa Interna de Retorno o TIR es la tasa de interés o de rentabilidad que nos ofrece una inversión. Así, se puede decir que la Tasa Interna de Retorno es el porcentaje de beneficio o pérdida que conllevará cualquier inversión. (Software DELSOL, 2019).

La fórmula del VAN es:

$$VAN = -C_0 + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{F_t}{(1+d)^t} \quad (2)$$

Las variables son:

- $C_0$ : inversión inicial
- $n$ : nº de años
- $F_t$ : flujo de caja en el año  $t$
- $d$ : tasa de descuento que según López (2023) se encontraría en 3,97% para plantas fotovoltaicas
- El TIR se calcula utilizando la fórmula del VAN igualándola a cero y la variable en este caso es la tasa de descuento.

Con todo esto el VAN es -9.911.983,97 €, lo que deja este proyecto como totalmente inviable económicamente y el TIR da -9% dejando claro lo ya dicho.

## 7.2. Análisis sin generación de hidrógeno y vertido a red

En este segundo análisis se comprobará la rentabilidad de la planta sin generación de hidrógeno verde, realizando este análisis se podrá comprobar cuál tiene mayor rentabilidad de los dos.

Se descontará el importe de la generación de hidrógeno para realizar así una comparación más eficiente de la instalación.

## 7.2.1. Payback

Año	Costes		Beneficio			Beneficios (€)	Flujo de caja Precio venta (€)
	Inversión inicial (€)	Mantenimiento y costes de producción (€)	Producción electricidad para venta (MWh/año)	Precio venta (€/MWh)	Total, Precio venta (€)		
0	1.028.162,51	0	0	0	0	-	-1028162,51
1	0	5000,00	2011,00	164,625	331060,88	326060,88	-702101,64
2	0	5000,00	1970,78	144,6875	285147,23	280147,23	-421954,40
3	0	5000,00	1962,13	124,75	244776,05	239776,05	-182178,35
4	0	5000,00	1953,49	104,8125	204749,69	199749,69	17571,34
5	0	5000,00	1944,84	84,875	165068,13	160068,13	177639,47
6	0	5000,00	1936,19	64,9375	125731,39	120731,39	298370,86
7	0	5000,00	1927,54	45	86739,46	81739,46	380110,32
8	0	5000,00	1918,90	45	86350,33	81350,33	461460,65
9	0	5000,00	1910,25	45	85961,2	80961,2	542421,85
10	0	5000,00	1901,60	45	85572,07	80572,07	622993,92
11	0	5000,00	1892,95	45	85182,94	80182,94	703176,87
12	0	5000,00	1884,31	45	84793,82	79793,82	782970,68
13	0	5000,00	1875,66	45	84404,69	79404,69	862375,37
14	0	5000,00	1867,01	45	84015,56	79015,56	941390,92
15	0	5000,00	1858,37	45	83626,43	78626,43	1020017,35
16	0	5000,00	1849,72	45	83237,3	78237,3	1098254,66
17	0	5000,00	1841,07	45	82848,17	77848,17	1176102,83
18	0	5000,00	1832,42	45	82459,04	77459,04	1253561,87
19	0	5000,00	1823,78	45	82069,92	77069,92	1330631,79
20	0	5000,00	1815,13	45	81680,79	76680,79	1407312,57
21	0	5000,00	1806,48	45	81291,66	76291,66	1483604,23
22	0	5000,00	1797,83	45	80902,53	75902,53	1559506,76
23	0	5000,00	1789,19	45	80513,4	75513,4	1635020,16
24	0	5000,00	1780,54	45	80124,27	75124,27	1710144,44
25	0	5000,00	1771,89	45	79735,14	74735,14	1784879,58

Tabla 20: flujo de caja sin generación de hidrógeno (elaboración propia)

Como se puede observar en la tabla el año de la última caja negativa es el año 3, el flujo de caja acumulado de ese año es -182.178,35 € y el beneficio del año siguiente es 199.749,69 €.

Y utilizando la fórmula del “payback” queda un periodo de retorno de 3,91 años.

## 7.2.2. VAN y TIR

En este caso el VAN es de 10.643.068,78 € y con un TIR del 16%. Teniendo así una gran viabilidad como proyecto.

## 7.3. Análisis con generación de hidrógeno al 25% con vertido a red

### 7.3.1. Payback

Año	Costes		Beneficio				Beneficios (€)	Flujo de caja Precio venta (€)	
	Inversión inicial (€)	Mantenimiento y costes de producción (€)	Producción electricidad para venta (MWh/año)	Precio venta (€/MWh)	Producción hidrógeno (kg/año)	Precio venta (€/kg)			Total, Precio venta (€)
0	2.508.705,52	0	0	0	0	0	0	-2508705,52	-2508705,52
1	0	16373,75	1.508,25	164,625	9.975,20	5	298171,648	281797,90	-2226907,62
2	0	16373,75	1.478,09	144,6875	9.775,69	5	262738,896	246365,15	-1980542,48
3	0	16373,75	1.471,60	124,75	9.732,80	5	232246,046	215872,30	-1764670,18
4	0	16373,75	1.465,11	104,8125	9.689,91	5	202011,805	185638,06	-1579032,12
5	0	16373,75	1.458,63	84,875	9.647,01	5	172036,172	155662,42	-1423369,70
6	0	16373,75	1.452,14	64,9375	9.604,12	5	142319,148	125945,40	-1297424,30
7	0	16373,75	1.445,66	45	9.561,23	5	112860,732	96486,98	-1200937,32
8	0	16373,75	1.439,17	45	9.518,33	5	112354,418	95980,67	-1104956,65
9	0	16373,75	1.432,69	45	9.475,44	5	111848,105	95474,36	-1009482,30
10	0	16373,75	1.426,20	45	9.432,55	5	111341,792	94968,04	-914514,26
11	0	16373,75	1.419,72	45	9.389,65	5	110835,479	94461,73	-820052,53
12	0	16373,75	1.413,23	45	9.346,76	5	110329,166	93955,42	-726097,11
13	0	16373,75	1.406,74	45	9.303,87	5	109822,853	93449,10	-632648,01
14	0	16373,75	1.400,26	45	9.260,97	5	109316,54	92942,79	-539705,22
15	0	16373,75	1.393,77	45	9.218,08	5	108810,226	92436,48	-447268,74
16	0	16373,75	1.387,29	45	9.175,19	5	108303,913	91930,16	-355338,58
17	0	16373,75	1.380,80	45	9.132,29	5	107797,6	91423,85	-263914,73
18	0	16373,75	1.374,32	45	9.089,40	5	107291,287	90917,54	-172997,19
19	0	16373,75	1.367,83	45	9.046,51	5	106784,974	90411,22	-82585,97
20	0	16373,75	1.361,35	45	9.003,61	5	106278,661	89904,91	7318,94
21	0	16373,75	1.354,86	45	8.960,72	5	105772,348	89398,60	96717,54
22	0	16373,75	1.348,38	45	8.917,83	5	105266,034	88892,28	185609,82
23	0	16373,75	1.341,89	45	8.874,93	5	104759,721	88385,97	273995,79
24	0	16373,75	1.335,40	45	8.832,04	5	104253,408	87879,66	361875,45
25	0	16373,75	1.328,92	45	8.789,15	5	103747,095	87373,34	449248,80

Tabla 21: flujo de caja con generación de hidrógeno al 25% (elaboración propia)

Como se puede observar en la tabla el año de la última caja negativa es el año 20, el flujo de caja acumulado de ese año es -82.585,97 € y el beneficio del año siguiente es 89.904,91 €.

Y utilizando la fórmula del “payback” queda un periodo de retorno de 20,91 años.

### 7.3.2. VAN y TIR

En este caso el VAN es de -11.476.488,81 € y en este caso el TIR no se puede calcular por lo que el proyecto es totalmente inviable debido al poco beneficio y al gran coste inicial.

## 7.4. Análisis con generación de hidrógeno al 75% con vertido a red

### 7.4.1. Payback

Año	Costes		Beneficio				Beneficios (€)	Flujo de caja Precio venta (€)	
	Inversión inicial (€)	Mantenimiento y costes de producción (€)	Producción electricidad para venta (MWh/año)	Precio venta (€/MWh)	Producción hidrógeno (kg/año)	Precio venta (€/kg)			Total, Precio venta (€)
0	2.508.705,52	0	0	0	0	0	0	-2508705,52	-2508705,52
1	0	16373,75	502,75	164,625	29.925,60	5	232.393,19	216019,44	-2292686,08
2	0	16373,75	492,70	144,6875	29.327,08	5	217922,2245	201548,47	-2091137,60
3	0	16373,75	490,53	124,75	29.198,40	5	207186,03	190812,28	-1900325,32
4	0	16373,75	488,37	104,8125	29.069,72	5	196536,0382	180162,29	-1720163,03
5	0	16373,75	486,21	84,875	28.941,04	5	185972,2492	169598,50	-1550564,53
6	0	16373,75	484,05	64,9375	28.812,36	5	175494,663	159120,91	-1391443,62
7	0	16373,75	481,89	45	28.683,68	5	165103,2796	148729,53	-1242714,09
8	0	16373,75	479,72	45	28.555,00	5	164362,5971	147988,85	-1094725,24
9	0	16373,75	477,56	45	28.426,32	5	163621,9147	147248,16	-947477,08
10	0	16373,75	475,40	45	28.297,64	5	162881,2323	146507,48	-800969,60
11	0	16373,75	473,24	45	28.168,96	5	162140,5499	145766,80	-655202,80
12	0	16373,75	471,08	45	28.040,28	5	161399,8674	145026,12	-510176,68
13	0	16373,75	468,91	45	27.911,60	5	160659,185	144285,44	-365891,24
14	0	16373,75	466,75	45	27.782,92	5	159918,5026	143544,75	-222346,49
15	0	16373,75	464,59	45	27.654,24	5	159177,8202	142804,07	-79542,42
16	0	16373,75	462,43	45	27.525,56	5	158437,1378	142063,39	62520,97
17	0	16373,75	460,27	45	27.396,88	5	157696,4553	141322,71	203843,67
18	0	16373,75	458,11	45	27.268,20	5	156955,7729	140582,02	344425,69
19	0	16373,75	455,94	45	27.139,52	5	156215,0905	139841,34	484267,03
20	0	16373,75	453,78	45	27.010,84	5	155474,4081	139100,66	623367,69
21	0	16373,75	451,62	45	26.882,16	5	154733,7256	138359,98	761727,67
22	0	16373,75	449,46	45	26.753,48	5	153993,0432	137619,29	899346,96
23	0	16373,75	447,30	45	26.624,80	5	153252,3608	136878,61	1036225,57
24	0	16373,75	445,13	45	26.496,12	5	152511,6784	136137,93	1172363,50
25	0	16373,75	442,97	45	26.367,44	5	151770,9959	135397,25	1307760,75

Tabla 22: flujo de caja con generación de hidrógeno al 75% (elaboración propia)

Como se puede observar en la tabla el año de la última caja negativa es el año 16, el flujo de caja acumulado de ese año es -79.542,42€ y el beneficio del año siguiente es 62.520,97 €.

Y utilizando la fórmula del “payback” queda un periodo de retorno de 17,27 años.

### 7.4.2. VAN y TIR

En este caso el VAN es -8.347.479,13 € y en este caso el TIR es del -6% lo que dice que este proyecto sería inviable

## 7.5. Análisis sin generación de hidrógeno y vertido a red

En este segundo análisis se comprobará la rentabilidad de la planta sin generación de hidrógeno verde, realizando este análisis se podrá comprobar cuál tiene mayor rentabilidad de los dos.

Se descontará el importe de la generación de hidrógeno para realizar así una comparación más eficiente de la instalación.

### 7.5.1. Payback

Año	Costes		Beneficio			Beneficios (€)	Flujo de caja Precio venta (€)
	Inversión inicial (€)	Mantenimiento y costes de producción (€)	Producción hidrógeno (kg/año)	Precio venta (€/kg)	Total, Precio venta (€)		
0	2508705,52	0	0	0	0	-2508705,52	-2508705,52
1	0	5000,00	39.900,79	5	199.503,97	183130,22	-2325575,30
2	0	5000,00	39.102,78	5	195513,8889	179140,14	-2146435,16
3	0	5000,00	38.931,20	5	194656,0218	178282,27	-1968152,89
4	0	5000,00	38.759,63	5	193798,1548	177424,40	-1790728,49
5	0	5000,00	38.588,06	5	192940,2877	176566,54	-1614161,95
6	0	5000,00	38.416,48	5	192082,4206	175708,67	-1438453,28
7	0	5000,00	38.244,91	5	191224,5536	174850,80	-1263602,47
8	0	5000,00	38.073,34	5	190366,6865	173992,94	-1089609,54
9	0	5000,00	37.901,76	5	189508,8194	173135,07	-916474,47
10	0	5000,00	37.730,19	5	188650,9524	172277,20	-744197,27
11	0	5000,00	37.558,62	5	187793,0853	171419,34	-572777,93
12	0	5000,00	37.387,04	5	186935,2183	170561,47	-402216,46
13	0	5000,00	37.215,47	5	186077,3512	169703,60	-232512,86
14	0	5000,00	37.043,90	5	185219,4841	168845,73	-63667,13
15	0	5000,00	36.872,32	5	184361,6171	167987,87	104320,74
16	0	5000,00	36.700,75	5	183503,75	167130,00	271450,74
17	0	5000,00	36.529,18	5	182645,8829	166272,13	437722,87
18	0	5000,00	36.357,60	5	181788,0159	165414,27	603137,14
19	0	5000,00	36.186,03	5	180930,1488	164556,40	767693,54
20	0	5000,00	36.014,46	5	180072,2817	163698,53	931392,07
21	0	5000,00	35.842,88	5	179214,4147	162840,66	1094232,73
22	0	5000,00	35.671,31	5	178356,5476	161982,80	1256215,53
23	0	5000,00	35.499,74	5	177498,6806	161124,93	1417340,46
24	0	5000,00	35.328,16	5	176640,8135	160267,06	1577607,53
25	0	5000,00	35.156,59	5	175782,9464	159409,20	1737016,72

Tabla 23: flujo de caja sin generación de hidrógeno (elaboración propia)

Como se puede observar en la tabla el año de la última caja negativa es el año 14, el flujo de caja acumulado de ese año es -63.667,13 € y el beneficio del año siguiente es 104.320,74 €.

Y utilizando la fórmula del “payback” queda un periodo de retorno de 14,61 años.

### 7.5.2. VAN y TIR

En este caso el VAN es de -6.782.974,29 € € y con un TIR del -4%. Este proyecto no es viable.

## 7.6. Conclusión

En estos análisis se han realizado aproximaciones lineales y se han congelado los precios, esto que hace que las aproximaciones sean irreales pero necesarias porque es imposible saber cómo fluctuarán, y se ha asumido que todo el hidrógeno generado por la planta va a ser que vendido y a tiempo como para que no se necesite una ampliación de los tanques.

Aunque por parte de la Unión Europea la bajada del precio de la electricidad como del hidrógeno verde bajarán, esto es incierto, ya que el precio del hidrógeno gris variará en función de la producción tanto del propio hidrógeno como de sus materias primas (gas, carbón, petróleo).

Lamentablemente y aunque ya queda claro por lo ya expuesto, la generación de hidrógeno verde a pequeña escala no es nada rentable, siendo mejor que estas plantas queden relegadas a la función de productoras de electricidad. Como ha demostrado el análisis de viabilidad hoy en día la producción de electricidad es muy eficiente y sobre todo en países como España, y para ser más exactos en las zonas cercanas a Alicante y Murcia porque se dan condiciones perfectas para su desempeño.

Aun así, este proyecto es de gran importancia para las empresas que necesiten hidrógeno como materia prima o para las que posean una flota de vehículos con motores de hidrógeno en un futuro. Ya que el mejor caso con producción de hidrógeno es el caso en el que invertimos toda la producción a su generación.

## 8. Referencias y bibliografía

- Corporativa, I. (s. f.). *¿Cómo funcionan las plantas fotovoltaicas?* Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica>
- *Efecto\_fotoeléctrico*. (s. f.). [https://www.quimica.es/enciclopedia/Efecto\\_fotoel%C3%A9ctrico.html](https://www.quimica.es/enciclopedia/Efecto_fotoel%C3%A9ctrico.html)
- Ingeoexpert. (2023). *¿Qué es el hidrógeno verde y cuáles son sus usos?* Ingeoexpert. <https://ingeoexpert.com/2022/05/10/que-es-el-hidrogeno-verde-y-usos/>
- Hello Auto. (s. f.). Hello Auto. <https://helloauto.com/glosario/electrolisis>
- *Clima Alicante: Temperatura, climograma y temperatura del agua de Alicante*. (s. f.). <https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/alicante-105/>
- *Clima Murcia: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Murcia*. (s. f.). <https://es.climate-data.org/europe/espana/region-de-murcia/murcia-3214/>
- *Clima Orihuela: temperatura, climograma y tabla climática para orihuela*. (s. f.). <https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/orihuela-6117/>
- *Módulo fotovoltaico*. (s. f.). Enel Green Power. <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar/modulo-fotovoltaico>
- Solarplak. (2023, 20 julio). *Qué es y cómo funciona un inversor de corriente - blog de energía solar*. Blog de energía solar. <https://solarplak.es/energia/que-es-y-como-funciona-un-inversor-de-corriente/>
- Admin. (2019, 13 junio). *Seguidor solar: Te contamos qué es y para qué sirve - la energía solar*. La Energía Solar. <https://laenergiasolar.org/energia-fotovoltaica/seguidor-solar/>
- Cardete, R. (2023). *Qué es y de qué se compone un centro de transformación de electricidad*. CEAC. <https://www.ceac.es/blog/que-es-y-de-que-se-compone-un-centro-de-transformacion-de-electricidad>
- Nuevo, D. (2023). *El reformado con vapor*. *eshidrogeno*. <https://eshidrogeno.com/reformado/>
- Gonzalez, F. (2023). *La primera red de distribución de hidrógeno de España*. *eshidrogeno*. <https://eshidrogeno.com/red-distribucion-hidrogeno/>
- Roger Folch, J. R. F., Riera Guasp, M. R. G., & Roldán Porta, C. R. P. (2021). *Tecnología eléctrica* (4.ª ed.).
- Solarama, & Solarama. (2021, 3 noviembre). *Guía para el mantenimiento de inversores solares*. *Solarama Paneles solares México*. <https://solarama.mx/blog/mantenimiento-de-inversores/>
- Morales, V. V. (2023). *Payback o plazo de recuperación*. *Economipedia*. <https://economipedia.com/definiciones/payback.html>

- Fariza, I. (2023, 8 julio). El impulso a las renovables reducirá el precio de la electricidad a mínimos históricos. *El País*. <https://elpais.com/economia/2023-07-08/el-impulso-a-las-renovables-reducira-el-precio-de-la-electricidad-a-minimos-historicos.html>
- S, J., & S, J. (2023). Valor actual neto: ¿Qué es y cómo se calcula de manera correcta? *Economia3*. [https://economia3.com/valor-actual-neto/#:~:text=El%20valor%20actual%20neto%20\(VAN,valor%20futuro%20de%20una%20inversi%C3%B3n.](https://economia3.com/valor-actual-neto/#:~:text=El%20valor%20actual%20neto%20(VAN,valor%20futuro%20de%20una%20inversi%C3%B3n.)
- Software DELSOL. (2019, 19 junio). ▷ *Tasa interna de Retorno (TIR) ¿Qué es?* <https://www.sdelsol.com/glosario/tasa-interna-de-retorno-tir/#:~:text=La%20Tasa%20Interna%20de%20Retorno,p%C3%A9rdida%20que%20conllevar%C3%A1%20cualquier%20inversi%C3%B3n.>
- Instalaciones Smart Spain. (2023, 8 febrero). *Placas solares - Smart Spain*. Smart Spain. <https://smartspain.es/placas-solares/>
- ENF Ltd. (s. f.). *ENF Ltd*. <https://es.enfsolar.com/pv/inverter-datasheet/9261>
- *INGECON SUN STRING BOX*. (s. f.). [https://www.ingeteam.com/es-es/sectores/energia-fotovoltaica/p15\\_24\\_47/ingecon-sun-string-box.aspx](https://www.ingeteam.com/es-es/sectores/energia-fotovoltaica/p15_24_47/ingecon-sun-string-box.aspx)
- *Seguidor Solar a un eje - Industrias duero*. (s. f.). TS v.1.6.7.3 | Alysum v.4.6 | PS v.1.6.1.24. <https://industriasduero.com/catalogo/es/energias-renovables/79-seguidor-solar-a-un-eje.html>
- Schneider Electric España. (s. f.). *EcoStruxure Asset Advisor helps secure operational excellence | Schneider Electric* [Vídeo]. Schneider Electric España. <https://www.se.com/es/es/work/services/field-services/electrical-distribution/operate/asset-advisor/>
- *PEM Electrolyser SDS Portal | Nel hydrogen*. (s. f.). Nel Hydrogen. <https://nelhydrogen.com/pem-electrolyser-sds-portal/>
- Corporativa, I. (s. f.-b). *Sentando las bases del hidrógeno verde*. Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/sentando-bases-hidrogeno-verde>
- *Tanque enterrado by AlUMAsC Exterior Building Products | ArchiExpO*. (s. f.). <https://www.archiexpo.es/prod/alumasc-exterior-building-products/product-69636-1640262.html>
- *Factor\_compresibilidad Hidrogeno | Apilados*. (2017, 8 octubre). Apilados. <https://apilados.com/blog/el-hidrogeno-como-gas-real-factor-de-compresibilidad/factor-compresibilidad-hidrogeno/>
- Santiago, O. (2018). El hidrógeno como gas real. factor de compresibilidad. *Apilados*. <https://apilados.com/blog/el-hidrogeno-como-gas-real-factor-de-compresibilidad/>
- Fuel Cell Systems Explained, 2003
- Fuel Cell Handbook, 1998



# **DOCUMENTO II: PRESUPUESTO**

Cuadro de mano de obra

Núm. Código	Denominación de la mano de obra	Precio	Horas	Total
1 mo009	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	23,050	750,984 h	17.314,63
2 mo108	Ayudante instalador de captadores solares.	22,120	750,984 h	16.617,43
3 mo003	Oficial 1ª electricista.	22,000	752,753 h	16.569,55
4 mo010	Oficial 1ª fontanero	22,000	60,720 h	1.335,84
5 mo008	Oficial 1ª fontanero.	22,000	0,500 h	11,00
6 mo102	Ayudante electricista.	20,300	613,973 h	12.448,71
7 mo107	Ayudante fontanero.	20,300	0,500 h	10,16
8 mo109	Ayudante fontanero	20,300	60,720 h	1.232,62
9 mo113	Peón ordinario construcción.	20,100	360,905 h	7.240,62
			Total mano de obra:	<u>72.780,56</u>

Cuadro de materiales

Núm. Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
1 mt43bbg060b	Generador de hidrógeno y transformador regulador.	870.000,000	1,000 Ud	870.000,00
2 mt43dep020aqi b	Depósito homologado de gas, enterrado, de chapa de acero, de 1900 mm de radio y 6000 mm de longitud, con una capacidad de 60500 litros. Tratamiento exterior: granallado SA 2 1/2, imprimación antioxidante y acabado con esmalte de poliuretano color negro. Incluso arqueta de acero inoxidable con tapa, boca de inspección, boca de carga, indicador de nivel magnético, tubo buzo para toma de gas en fase líquida, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y elementos de protección según normativa.	44.407,000	1,000 Ud	44.407,00
3 mt43dep020age b	Depósito homologado de agua, enterrado, de chapa de acero, de 700 mm de radio y 6000 mm de longitud, con una capacidad de 9236 litros. Tratamiento exterior: granallado SA 2 1/2, imprimación antioxidante y acabado con esmalte de poliuretano color negro. Incluso arqueta de acero inoxidable con tapa, boca de carga, indicador de nivel magnético, tubo buzo para toma de gas en fase líquida, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y elementos de protección según normativa.	7.778,000	1,000 Ud	7.778,00
4 mt35ifg050a	Transformador , voltaje de entrada 420 V, voltaje de salida 20000 V, potencia nominal de salida 1 MW, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus.	5.630,280	3,000 Ud	16.890,84
5 mt35sol029cc	Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 550 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 31,96 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 17,2 A, tensión en circuito abierto (Voc) 38,32 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 18,23 A, eficiencia 21%, 110 células de 210x105 mm, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 2384x1096x35 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m <sup>2</sup> , resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m <sup>2</sup> , peso 28,85 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores.	227,060	1.826,000 Ud	414.611,56

Núm. Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
6 mt43dep060w	Zuncho formado por placas de anclaje, tensores, grilletes, cable de acero y protección de yute alquitranado, para depósito de gas, enterrado.	222,000	1,000 Ud	222,00
7 mt35aeg010f	Armario monobloc de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de 500x600x230 mm, color gris RAL 7035, con grados de protección IP66 e IK10.	94,000	8,000 Ud	752,00
8 mt35amc401p	Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60947-3.	81,320	8,000 Ud	650,56
9 mt35amc022gg	Interruptor automático magnetotérmico, de 3 módulos, tripolar (3P), intensidad nominal 630 A, poder de corte 15 kA, curva C, de 54x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	77,420	1,000 Ud	77,42
10 mt35tta010	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	74,000	24,000 Ud	1.776,00
11 mt35une001j	Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 100x500 mm, resistencia al impacto 20 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, según UNE-EN 61537, suministrada en tramos de 3 m de longitud, para soporte y conducción de cables eléctricos.	66,550	2,414 m	160,65
12 mt43dep060k	Zuncho formado por placas de anclaje, tensores, grilletes, cable de acero y protección de yute alquitranado, para depósito de agua, enterrado.	63,000	1,000 Ud	63,00
13 mt35sol009	Soporte seguidor solar para módulo solar fotovoltaico, de acero, de 8000x2500x195 mm, con posibilidad de ajustar el ángulo de inclinación entre -55° y 55°.	46,800	83,000 Ud	3.884,40
14 mt35une017i	Soporte vertical, de PVC, color gris RAL 7035, con tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.	46,630	1,610 Ud	75,08
15 mt35tta030	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	46,000	24,000 Ud	1.104,00

Núm. Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
16 mt35pry048h	Cable eléctrico unipolar, Al Eprotenax H Compact "PRYSMIAN", normalizado por Iberdrola, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL HEPRZ1 18/30 kV, tensión nominal 18/30 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, rígido (clase 2), de 1x400/1x25 mm <sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de etileno propileno reticulado de alto módulo de formulación Prysmian (HEPR), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 25 mm <sup>2</sup> de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo DMZ1 Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a la abrasión. Según UNE-HD 620-9E.	36,470	4.463,865 m	162.797,16

Núm. Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
17 mt35pry049h	Cable eléctrico unipolar, Tap Al Voltalene H "PRYSMIAN", normalizado por Naturgy, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL RHZ1-2OL 12/20 kV, tensión nominal 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, con barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, rígido (clase 2), de 1x400/1x16 mm <sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 16 mm <sup>2</sup> de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo DMZ1 Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a la abrasión. Según UNE-HD 620-7E.	29,760	7,242 m	215,52
18 mt35tte010b	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud.	18,000	24,000 Ud	432,00
19 mt35amc810i	Base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P) según UNE-EN 60269-1.	15,600	182,000 Ud	2.839,20
20 mt35une008b	Tabique de separación, de PVC, color gris RAL 7035, de 100 mm de altura, suministrado en tramos de 3 m de longitud, con tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.	15,280	4,828 m	73,77
21 mt08tag010cg	Tubo de acero galvanizado, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, serie M, de 1 1/2" DN 40 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 10255, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales.	14,680	2,000 m	29,36
22 mt35une006b	Pieza de unión entre tramos de bandeja, de PVC, color gris RAL 7035, de 100 mm de altura, con tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.	12,730	1,610 Ud	20,49



Núm. Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
23 mt43tco010ed	Tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, diámetro D=25,6/28 mm y 1,2 mm de espesor, según UNE-EN 1057, con el precio incrementado el 15% en concepto de accesorios y piezas especiales.	6,260	2,000 m	12,52
24 mt35ttc010c	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm <sup>2</sup> .	4,810	14,000 m	67,34
25 mt35cun110i	Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 185 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según IEC 60502-1.	3,750	2.226,877 m	8.350,79
26 mt35tta060	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	3,500	7,992 Ud	28,08
27 mt43www020c	Tubo metálico de 40 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, incluso abrazaderas, elementos de sujeción y accesorios (curvas, manguitos, tes y codos).	3,230	2,000 m	6,46
28 mt35ttc010b	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm <sup>2</sup> .	2,810	985,564 m	2.769,37
29 mt35amc800doE	Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, según UNE-EN 60269-1.	2,670	182,000 Ud	485,94
30 mt35cun030d	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Según UNE 21123-2.	2,260	3.166,995 m	7.157,41
31 mt35www020	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,150	123,356 Ud	146,83
32 mt35tta040	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000	24,000 Ud	24,00
33 mt08tag400f	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de acero galvanizado, de 1 1/2" DN 40 mm.	0,950	2,000 Ud	1,90
34 mt27tec020	Pasta hidrófuga.	0,600	0,080 kg	0,04
Total materiales:				1.547.910,69

Cuadro de maquinaria

## Cuadro de maquinaria

Página 2

Núm. Código	Denominación de la maquinaria	Precio	Cantidad	Total
1 mq07gte010c	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.	75,040	1,500 h	112,56
2 mq04cag010b	Camión con grúa de hasta 10 t.	62,720	0,500 h	31,36
3 mq04cag010a	Camión con grúa de hasta 6 t.	55,380	2,000 h	110,76
4 mq04cab010e	Camión basculante de 20 t de carga, de 213 kW.	47,300	22,798 h	1.078,32
5 mq01pan010a	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m <sup>3</sup> .	45,060	395,836 h	17.812,62
6 mq01ret020b	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	40,900	405,046 h	16.561,90
			Total maquinaria:	35.707,52

Cuadro de precios nº 1

**Cuadro de precios nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1.1	<p><b>1 CAPÍTULO 0: LIMPIEZA DEL TERRENO</b></p> <p>m² Desbroce y limpieza del terreno de topografía plana, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la tala de árboles ni el transporte de los materiales retirados. Incluye: Replanteo en el terreno. Remoción mecánica de los materiales de desbroce. Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce. Carga a camión. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>	1,12	UN EURO CON DOCE CÉNTIMOS
2.1.1	<p><b>2 CAPÍTULO 01: Conexión de la planta</b></p> <p><b>2.1 CONEXIONES MÓDULOS</b></p> <p>m³ Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p>	19,46	DIECINUEVE EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS

**Cuadro de precios nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
2.1.2	<p>m Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción.                      Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.                      Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.                      Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	4,19	CUATRO EUROS CON DIECINUEVE CÉNTIMOS
2.2.1	<p><b>2.2 CONEXIONES DE CAJA</b></p> <p>m<sup>3</sup> Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.                      Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.                      Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.                      Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.                      Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p>	19,46	DIECINUEVE EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS
2.2.2	<p>m Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de aluminio clase 2 de 185 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción.                      Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.                      Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.                      Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p> <p><b>2.3 CONEXIONES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b></p>	10,04	DIEZ EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS

**Cuadro de precios nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
2.3.1	<p>m Cable eléctrico unipolar, Tap Al Voltalene H "PRYSMIAN", normalizado por Naturgy, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL RHZ1-2OL 12/20 kV, tensión nominal 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, con barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, rígido (clase 2), de 1x400/1x16 mm<sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 16 mm<sup>2</sup> de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo DMZ1 Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a la abrasión.                      Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.                      Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.                      Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	33,28	TREINTA Y TRES EUROS CON VEINTIOCHO CÉNTIMOS
2.3.2	<p>m Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 100x500 mm, resistencia al impacto 20 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, con 3 compartimentos separados por tabique de separación, de PVC, color gris RAL 7035, con soporte vertical, de PVC, color gris RAL 7035.                      Incluye: Replanteo. Fijación del soporte. Colocación y fijación de la bandeja.                      Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.                      Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	160,09	CIENTO SESENTA EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS
<b>2.4 CONEXIONES DE MEDIA TENSIÓN</b>			

**Cuadro de precios nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
2.4.1	<p>m Cable eléctrico unipolar, Al Eprotenax H Compact "PRYSMIAN", normalizado por Iberdrola, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL HEPRZ1 18/30 kV, tensión nominal 18/30 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, rígido (clase 2), de 1x400/1x25 mm<sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de etileno propileno reticulado de alto módulo de formulación Prysmian (HEPR), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 25 mm<sup>2</sup> de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo DMZ1 Vermex, de color rojo, y con las siguientes características: libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a la abrasión. Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p> <p><b>3 CAPÍTULO 02: Instalación de la planta</b></p> <p><b>3.1 COMPONENTES DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA</b></p>	40,44	CUARENTA EUROS CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
3.1.1	<p>Ud Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 550 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 31,96 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 17,21 A, tensión en circuito abierto (Voc) 38,78 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 18,2 A, eficiencia 21,05%, 110 células de 210x105 mm, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 2384x1096x35 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m<sup>2</sup>, resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m<sup>2</sup>, peso 28,85 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la estructura soporte. Incluye: Colocación y fijación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	260,47	DOSCIENTOS SESENTA EUROS CON CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS



## Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
3.1.2	<p>Ud Armario monobloc de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de 500x600x230 mm, color gris RAL 7035, con grados de protección IP66 e IK10. Instalación en superficie.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación y fijación.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	110,18	CIENTO DIEZ EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS
3.1.3	<p>Ud Soporte seguidor solar para módulo solar fotovoltaico, de acero, de 8000x2500x195 mm, con posibilidad de ajustar el ángulo de inclinación entre -55° y 55°.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	52,04	CINCUENTA Y DOS EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS
3.1.4	<p>Ud Inversor trifásico, voltaje de entrada máximo 1000 Vcc, rango de voltaje de entrada de 500 a 850 Vcc, potencia nominal de salida 500 kW, eficiencia máxima 98,5%, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.</p> <p>Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexión y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	6.046,85	SEIS MIL CUARENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS
3.1.5	<p>Ud Transformador, voltaje de entrada 420 V, voltaje de salida 20000 V, potencia nominal de salida 1 MW, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus.</p> <p>Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.</p> <p>Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexión y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	6.046,85	SEIS MIL CUARENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS
<p><b>3.2 COMPONENTES DE GENERACIÓN DE HIDRÓGENO</b></p>			

**Cuadro de precios nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
3.2.1	<p>Ud Depósito homologado de gas, enterrado, de chapa de acero, de 1900 mm de radio y 6000 mm de longitud, con una capacidad de 60500 litros. Incluso arqueta de acero inoxidable con tapa, boca de inspección, indicador de nivel, tubo buzo para toma de gas, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y zuncho.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la obra civil, la toma de tierra ni el equipo de protección catódica.</p> <p>Incluye: Replanteo. Introducción del depósito en el foso. Sujeción del depósito a los apoyos. Colocación del zuncho. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	49.391,34	CUARENTA Y NUEVE MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y UN EUROS CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS
3.2.2	<p>m Tubería con vaina metálica, para montante individual de gas, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, diámetro D=25,6/28 mm y 1,2 mm de espesor. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, pasta de relleno, accesorios y piezas especiales colocados mediante soldadura fuerte por capilaridad.</p> <p>Incluye: Replanteo y trazado. Colocación de la vaina. Colocación de tubos. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	26,24	VEINTISEIS EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS
3.2.3	<p>Ud Depósito homologado de agua, enterrado, de chapa de acero, de 700 mm de radio y 6000 mm de longitud, con una capacidad de 9236 litros. Incluso arqueta de acero inoxidable con tapa, indicador de nivel, tubo buzo para toma de gas en fase líquida, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y zuncho.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la obra civil, la toma de tierra ni el equipo de protección catódica.</p> <p>Incluye: Replanteo. Introducción del depósito en el foso. Sujeción del depósito a los apoyos. Colocación del zuncho. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	9.046,51	NUEVE MIL CUARENTA Y SEIS EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS

**Cuadro de precios nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
3.2.4	m Tubería formada por tubo de acero galvanizado, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, serie M, de 1 1/2" DN 40 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor. Instalación en superficie. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación de tubos, accesorios y piezas especiales. Realización de pruebas de servicio. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.	27,80	VEINTISIETE EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS
3.2.5	Ud Generador de hidrógeno y transformador regulador. Incluye: Replanteo. Colocación del generador y del transformador. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.	923.037,55	NOVECIENTOS VEINTITRES MIL TREINTA Y SIETE EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS
<p><b>4 CAPÍTULO 03: Aparamenta</b></p> <p><b>4.1 Aparamenta Módulos</b></p>			
4.1.1	Ud Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, intensidad nominal 30 A, poder de corte 20 kA, tamaño 22x58 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 30 A. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Montaje y conexionado del elemento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.	24,04	VEINTICUATRO EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS
4.1.2	Ud Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Montaje y conexionado del elemento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.	92,10	NOVENTA Y DOS EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS

**Cuadro de precios nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
4.1.3	<p>Ud Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	92,10	NOVENTA Y DOS EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS
<b>4.2 Aparmentada Caja combinatoria</b>			
4.2.1	<p>Ud Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, intensidad nominal 315 A, poder de corte 30 kA, tamaño 22x58 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 315 A. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	24,04	VEINTICUATRO EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS
4.2.2	<p>Ud Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, intensidad nominal 160 A, poder de corte 10 kA, tamaño 22x58 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 160 A. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	24,04	VEINTICUATRO EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS
<b>4.3 Aparamente Centro de Transformación</b>			
4.3.1	<p>Ud Interruptor automático magnetotérmico, de 3 módulos, tripolar (3P), intensidad nominal 630 A, poder de corte 15 kA, curva C, de 54x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	89,13	OCHENTA Y NUEVE EUROS CON TRECE CÉNTIMOS

**Cuadro de precios nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
	<b>5 CAPÍTULO 04: PUESTA A TIERRA</b>		
	<b>5.1 Puesta a tierra de la planta</b>		
5.1.1	<p>m Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 35 mm<sup>2</sup> de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	5,44	CINCO EUROS CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
5.1.2	<p>Ud Toma de tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno.</p> <p>Incluye: Replanteo. Excavación con medios manuales. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Hincado de la pica. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Relleno del trasdós. Conexión a la red de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	161,92	CIENTO SESENTA Y UN EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS

**Cuadro de precios nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
5.1.3	<p>m<sup>3</sup> Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p> <p><b>5.2 Puesta a tierra del centro de transformación</b></p>	19,46	DIECINUEVE EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS
5.2.1	<p>m Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm<sup>2</sup> de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	7,56	SIETE EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS

**Cuadro de precios nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
5.2.2	<p>Ud Toma de tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno.</p> <p>Incluye: Replanteo. Excavación con medios manuales. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Hincado de la pica. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Relleno del trasdós. Conexión a la red de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	161,92	CIENTO SESENTA Y UN EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS
5.2.3	<p>m³ Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p> <p><b>6 CAPÍTULO 5: RESIDUOS</b></p>	19,46	DIECINUEVE EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 1			
Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
6.1	<p>m<sup>3</sup> Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 20 km.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.</p> <p>Incluye: Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.</p>	5,01	CINCO EUROS CON UN CÉNTIMO

Orihuela, Septiembre 2023  
Ingeniero Industrial  
Carlos Soriano Manresa



## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>1 CAPÍTULO 0: LIMPIEZA DEL TERRENO</b>				
1.1	ADL005	m <sup>2</sup>	<p><b>Desbroce y limpieza del terreno de topografía plana, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión.</b></p> <p><b>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la tala de árboles ni el transporte de los materiales retirados.</b></p> <p><b>Incluye: Replanteo en el terreno. Remoción mecánica de los materiales de desbroce. Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce. Carga a camión.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</b></p>	
	mq01pan010a	0,020 h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m <sup>3</sup> .	45,060
	mo113	0,008 h	Peón ordinario construcción.	20,100
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	1,060
		4,000 %	Costes indirectos	1,080
			<b>Precio total por m<sup>2</sup> .</b>	<b>1,12</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>2 CAPÍTULO 01: Conexión de la planta</b>				
<b>2.1 CONEXIONES MÓDULOS</b>				
2.1.1	ADE010	m³	<p><b>Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</b></p> <p><b>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</b></p>	
	mq01ret020b	0,360 h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	40,900
	mo113	0,180 h	Peón ordinario construcción.	20,100
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	18,340
		4,000 %	Costes indirectos	18,710
<b>Precio total por m³ .</b>				<b>19,46</b>
2.1.2	IEH012	m	<p><b>Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción.</b></p> <p><b>Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</b></p>	
	mt35cun030d	1,000 m	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Según UNE 21123-2.	2,260
	mo003	0,040 h	Oficial 1ª electricista.	22,000
	mo102	0,040 h	Ayudante electricista.	20,300
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	3,950
		4,000 %	Costes indirectos	4,030
<b>Precio total por m .</b>				<b>4,19</b>
<b>2.2 CONEXIONES DE CAJA</b>				

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
2.2.1	ADE010b	m <sup>3</sup>	<p><b>Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</b></p> <p><b>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</b></p>	
	mq01ret020b	0,360 h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	40,900
	mo113	0,180 h	Peón ordinario construcción.	20,100
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	18,340
		4,000 %	Costes indirectos	18,710
			<b>Precio total por m<sup>3</sup> .</b>	<b>19,46</b>
2.2.2	IEH012b	m	<p><b>Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de aluminio clase 2 de 185 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción.</b></p> <p><b>Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</b></p>	
	mt35cun110i	1,000 m	Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 185 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según IEC 60502-1.	3,750
	mo003	0,135 h	Oficial 1ª electricista.	22,000
	mo102	0,135 h	Ayudante electricista.	20,300
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	9,460
		4,000 %	Costes indirectos	9,650
			<b>Precio total por m .</b>	<b>10,04</b>

### 2.3 CONEXIONES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
2.3.1	IEH020	m	<p><b>Cable eléctrico unipolar, Tap Al Voltalene H "PRYSMIAN", normalizado por Naturgy, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL RHZ1-2OL 12/20 kV, tensión nominal 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, con barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, rígido (clase 2), de 1x400/1x16 mm<sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 16 mm<sup>2</sup> de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo DMZ1 Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a la abrasión.</b></p> <p><b>Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</b></p>	
	mt35pry049h	1,000 m	<p>Cable eléctrico unipolar, Tap Al Voltalene H "PRYSMIAN", normalizado por Naturgy, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL RHZ1-2OL 12/20 kV, tensión nominal 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, con barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, rígido (clase 2), de 1x400/1x16 mm<sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 16 mm<sup>2</sup> de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo DMZ1 Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a la abrasión. Según UNE-HD 620-7E.</p>	29,760
	mo003	0,038 h	Oficial 1ª electricista.	22,000
	mo102	0,038 h	Ayudante electricista.	20,300
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	31,370
		4,000 %	Costes indirectos	32,000
			<b>Precio total por m .</b>	<b>33,28</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
2.3.2	IEO040	m	<b>Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 100x500 mm, resistencia al impacto 20 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, con 3 compartimentos separados por tabique de separación, de PVC, color gris RAL 7035, con soporte vertical, de PVC, color gris RAL 7035.</b> <b>Incluye: Replanteo. Fijación del soporte. Colocación y fijación de la bandeja.</b> <b>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</b> <b>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</b>	
	mt35une001j	1,000 m	Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 100x500 mm, resistencia al impacto 20 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, según UNE-EN 61537, suministrada en tramos de 3 m de longitud, para soporte y conducción de cables eléctricos.	66,55
	mt35une006b	0,667 Ud	Pieza de unión entre tramos de bandeja, de PVC, color gris RAL 7035, de 100 mm de altura, con tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.	12,730
	mt35une008b	2,000 m	Tabique de separación, de PVC, color gris RAL 7035, de 100 mm de altura, suministrado en tramos de 3 m de longitud, con tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.	15,280
	mt35une017i	0,667 Ud	Soporte vertical, de PVC, color gris RAL 7035, con tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.	46,630
	mo003	0,480 h	Oficial 1ª electricista.	22,000
	mo102	0,180 h	Ayudante electricista.	20,300
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	150,910
		4,000 %	Costes indirectos	153,930
			<b>Precio total por m .</b>	<b>160,09</b>

### 2.4 CONEXIONES DE MEDIA TENSIÓN

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
2.4.1	IEH020b	m	<p><b>Cable eléctrico unipolar, Al Eprotenax H Compact "PRYSMIAN", normalizado por Iberdrola, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL HEPRZ1 18/30 kV, tensión nominal 18/30 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, rígido (clase 2), de 1x400/1x25 mm<sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de etileno propileno reticulado de alto módulo de formulación Prysmian (HEPR), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 25 mm<sup>2</sup> de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo DMZ1 Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a la abrasión.</b></p> <p><b>Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</b></p>	
	mt35pry048h	1,000 m	<p>Cable eléctrico unipolar, Al Eprotenax H Compact "PRYSMIAN", normalizado por Iberdrola, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL HEPRZ1 18/30 kV, tensión nominal 18/30 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, rígido (clase 2), de 1x400/1x25 mm<sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de etileno propileno reticulado de alto módulo de formulación Prysmian (HEPR), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 25 mm<sup>2</sup> de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo DMZ1 Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a la abrasión. Según UNE-HD 620-9E.</p>	36,47
	mo003	0,039 h	Oficial 1ª electricista.	22,000
	mo102	0,039 h	Ayudante electricista.	20,300
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	38,120
		4,000 %	Costes indirectos	38,880
			<b>Precio total por m .</b>	<b>40,44</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>3 CAPÍTULO 02: Instalación de la planta</b>				
<b>3.1 COMPONENTES DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA</b>				
3.1.1	IEF001	Ud	<p><b>Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 550 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 31,96 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 17,21 A, tensión en circuito abierto (Voc) 38,78 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 18,2 A, eficiencia 21,05%, 110 células de 210x105 mm, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 2384x1096x35 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m<sup>2</sup>, resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m<sup>2</sup>, peso 28,85 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico.</b></p> <p><b>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la estructura soporte.</b></p> <p><b>Incluye: Colocación y fijación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b></p>	
	mt35sol029cc	1,000 Ud	Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 550 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 31,96 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 17,2 A, tensión en circuito abierto (Voc) 38,32 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 18,23 A, eficiencia 21%, 110 células de 210x105 mm, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 2384x1096x35 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m <sup>2</sup> , resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m <sup>2</sup> , peso 28,85 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores.	227,060
	mo009	0,409 h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	23,050
	mo108	0,409 h	Ayudante instalador de captadores solares.	22,120
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	245,540
		4,000 %	Costes indirectos	250,450
<b>Precio total por Ud .</b>				<b>260,47</b>
3.1.2	IEF050	Ud	<p><b>Armario monobloc de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de 500x600x230 mm, color gris RAL 7035, con grados de protección IP66 e IK10. Instalación en superficie.</b></p> <p><b>Incluye: Replanteo. Colocación y fijación.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b></p>	
	mt35aeg010f	1,000 Ud	Armario monobloc de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de 500x600x230 mm, color gris RAL 7035, con grados de protección IP66 e IK10.	94,000

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción		Total	
	mo003		0,233 h	Oficial 1ª electricista.	22,000	5,13
	mo102		0,233 h	Ayudante electricista.	20,300	4,73
	%		2,000 %	Costes directos complementarios	103,860	2,08
			4,000 %	Costes indirectos	105,940	4,24
				<b>Precio total por Ud .</b>		<b>110,18</b>
3.1.3	IEF004	<b>Ud</b>	<b>Soporte seguidor solar para módulo solar fotovoltaico, de acero, de 8000x2500x195 mm, con posibilidad de ajustar el ángulo de inclinación entre -55° y 55°.</b> <b>Incluye: Replanteo. Colocación.</b> <b>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</b> <b>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b>			
	mt35sol009		1,000 Ud	Soporte seguidor solar para módulo solar fotovoltaico, de acero, de 8000x2500x195 mm, con posibilidad de ajustar el ángulo de inclinación entre -55° y 55°.	46,800	46,80
	mo009		0,050 h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	23,050	1,15
	mo108		0,050 h	Ayudante instalador de captadores solares.	22,120	1,11
	%		2,000 %	Costes directos complementarios	49,060	0,98
			4,000 %	Costes indirectos	50,040	2,00
				<b>Precio total por Ud .</b>		<b>52,04</b>
3.1.4	IEF020	<b>Ud</b>	<b>Inversor trifásico, voltaje de entrada máximo 1000 Vcc, rango de voltaje de entrada de 500 a 850 Vcc, potencia nominal de salida 500 kW, eficiencia máxima 98,5%, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.</b> <b>Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexión y comprobación de su correcto funcionamiento.</b> <b>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</b> <b>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b>			
	mt35ifg050a		1,000 Ud	Transformador , voltaje de entrada 420 V, voltaje de salida 20000 V, potencia nominal de salida 1 MW, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus.	5.630,280	5.630,28
	mq04cag010a		0,500 h	Camión con grúa de hasta 6 t.	55,380	27,69
	mo003		1,000 h	Oficial 1ª electricista.	22,000	22,00
	mo102		1,000 h	Ayudante electricista.	20,300	20,30
	%		2,000 %	Costes directos complementarios	5.700,270	114,01
			4,000 %	Costes indirectos	5.814,280	232,57



## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>Precio total por Ud .</b>				<b>6.046,85</b>
3.1.5	IEF020b	Ud	<b>Transformador, voltaje de entrada 420 V, voltaje de salida 20000 V, potencia nominal de salida 1 MW, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus.</b> <b>Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.</b> <b>Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</b> <b>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</b> <b>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b>	
	mt35ifg050a	1,000 Ud	Transformador , voltaje de entrada 420 V, voltaje de salida 20000 V, potencia nominal de salida 1 MW, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus.	5.630,28
	mq04cag010a	0,500 h	Camión con grúa de hasta 6 t.	27,69
	mo003	1,000 h	Oficial 1ª electricista.	22,00
	mo102	1,000 h	Ayudante electricista.	20,30
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	114,01
		4,000 %	Costes indirectos	232,57
<b>Precio total por Ud .</b>				<b>6.046,85</b>

### 3.2 COMPONENTES DE GENERACIÓN DE HIDRÓGENO

3.2.1	IGD110	Ud	<b>Depósito homologado de gas, enterrado, de chapa de acero, de 1900 mm de radio y 6000 mm de longitud, con una capacidad de 60500 litros. Incluso arqueta de acero inoxidable con tapa, boca de inspección, indicador de nivel, tubo buzo para toma de gas, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y zuncho.</b> <b>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la obra civil, la toma de tierra ni el equipo de protección catódica.</b> <b>Incluye: Replanteo. Introducción del depósito en el foso. Sujeción del depósito a los apoyos. Colocación del zuncho. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</b> <b>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</b> <b>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b>	
-------	--------	----	--	--

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
	mt43dep020aqib	1,000 Ud	Depósito homologado de gas, enterrado, de chapa de acero, de 1900 mm de radio y 6000 mm de longitud, con una capacidad de 60500 litros. Tratamiento exterior: granallado SA 2 1/2, imprimación antioxidante y acabado con esmalte de poliuretano color negro. Incluso arqueta de acero inoxidable con tapa, boca de inspección, boca de carga, indicador de nivel magnético, tubo buzo para toma de gas en fase líquida, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y elementos de protección según normativa.	44.407,000	44.407,00
	mt43dep060w	1,000 Ud	Zuncho formado por placas de anclaje, tensores, grilletes, cable de acero y protección de yute alquitranado, para depósito de gas, enterrado.	222,000	222,00
	mq07gte010c	1,500 h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.	75,040	112,56
	mo010	43,000 h	Oficial 1ª fontanero	22,000	946,00
	mo109	43,000 h	Ayudante fontanero	20,300	872,90
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	46.560,460	931,21
		4,000 %	Costes indirectos	47.491,670	1.899,67
			<b>Precio total por Ud .</b>		<b>49.391,34</b>
3.2.2	IGM015	m	<b>Tubería con vaina metálica, para montante individual de gas, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, diámetro D=25,6/28 mm y 1,2 mm de espesor. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, pasta de relleno, accesorios y piezas especiales colocados mediante soldadura fuerte por capilaridad. Incluye: Replanteo y trazado. Colocación de la vaina. Colocación de tubos. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</b>		
	mt43tco010ed	1,000 m	Tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, diámetro D=25,6/28 mm y 1,2 mm de espesor, según UNE-EN 1057, con el precio incrementado el 15% en concepto de accesorios y piezas especiales.	6,260	6,26
	mt43www020c	1,000 m	Tubo metálico de 40 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, incluso abrazaderas, elementos de sujeción y accesorios (curvas, manguitos, tes y codos).	3,230	3,23
	mt27tec020	0,040 kg	Pasta hidrófuga.	0,600	0,02
	mo010	0,360 h	Oficial 1ª fontanero	22,000	7,92
	mo109	0,360 h	Ayudante fontanero	20,300	7,31
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	24,740	0,49
		4,000 %	Costes indirectos	25,230	1,01

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>Precio total por m .</b>				<b>26,24</b>
3.2.3	IGD110b	Ud	<p><b>Depósito homologado de agua, enterrado, de chapa de acero, de 700 mm de radio y 6000 mm de longitud, con una capacidad de 9236 litros. Incluso arqueta de acero inoxidable con tapa, indicador de nivel, tubo buzo para toma de gas en fase líquida, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y zuncho.</b></p> <p><b>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la obra civil, la toma de tierra ni el equipo de protección catódica.</b></p> <p><b>Incluye: Replanteo. Introducción del depósito en el foso. Sujeción del depósito a los apoyos. Colocación del zuncho. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b></p>	
	mt43dep020ageb	1,000 Ud	<p>Depósito homologado de agua, enterrado, de chapa de acero, de 700 mm de radio y 6000 mm de longitud, con una capacidad de 9236 litros. Tratamiento exterior: granallado SA 2 1/2, imprimación antioxidante y acabado con esmalte de poliuretano color negro. Incluso arqueta de acero inoxidable con tapa, boca de carga, indicador de nivel magnético, tubo buzo para toma de gas en fase líquida, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y elementos de protección según normativa.</p>	7.778,000 7.778,00
	mt43dep060k	1,000 Ud	<p>Zuncho formado por placas de anclaje, sensores, grilletes, cable de acero y protección de yute alquitranado, para depósito de agua, enterrado.</p>	63,000 63,00
	mq04cag010b	0,500 h	<p>Camión con grúa de hasta 10 t.</p>	62,720 31,36
	mo010	15,500 h	<p>Oficial 1ª fontanero</p>	22,000 341,00
	mo109	15,500 h	<p>Ayudante fontanero</p>	20,300 314,65
	%	2,000 %	<p>Costes directos complementarios</p>	8.528,010 170,56
		4,000 %	<p>Costes indirectos</p>	8.698,570 347,94
<b>Precio total por Ud .</b>				<b>9.046,51</b>
3.2.4	IHA110	m	<p><b>Tubería formada por tubo de acero galvanizado, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, serie M, de 1 1/2" DN 40 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor. Instalación en superficie. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.</b></p> <p><b>Incluye: Replanteo. Colocación y fijación de tubos, accesorios y piezas especiales. Realización de pruebas de servicio.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</b></p>	
	mt08tag400f	1,000 Ud	<p>Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de acero galvanizado, de 1 1/2" DN 40 mm.</p>	0,950 0,95

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
	mt08tag010cg	1,000 m	Tubo de acero galvanizado, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, serie M, de 1 1/2" DN 40 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 10255, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales.	14,680	14,68
	mo008	0,250 h	Oficial 1ª fontanero.	22,000	5,50
	mo107	0,250 h	Ayudante fontanero.	20,300	5,08
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	26,210	0,52
		4,000 %	Costes indirectos	26,730	1,07
			<b>Precio total por m .</b>		<b>27,80</b>
3.2.5	IGW100	<b>Ud</b>	<b>Generador de hidrógeno y transformador regulador.</b> <b>Incluye: Replanteo. Colocación del generador y del transformador.</b> <b>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</b> <b>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b>		
	mt43bbg060b	1,000 Ud	Generador de hidrógeno y transformador regulador.	870.000,000	870.000,00
	mo010	1,500 h	Oficial 1ª fontanero	22,000	33,00
	mo109	1,500 h	Ayudante fontanero	20,300	30,45
	mq04cag010a	0,500 h	Camión con grúa de hasta 6 t.	55,380	27,69
	mo003	1,000 h	Oficial 1ª electricista.	22,000	22,00
	mo102	1,000 h	Ayudante electricista.	20,300	20,30
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	870.133,440	17.402,67
		4,000 %	Costes indirectos	887.536,110	35.501,44
			<b>Precio total por Ud .</b>		<b>923.037,55</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>4 CAPÍTULO 03: Aparamenta</b>				
<b>4.1 Aparamenta Módulos</b>				
4.1.1	IEX300	Ud	<b>Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, intensidad nominal 30 A, poder de corte 20 kA, tamaño 22x58 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 30 A. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Montaje y conexionado del elemento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b>	
	mt35amc800doE	1,000 Ud	Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, según UNE-EN 60269-1.	2,670
	mt35amc810i	1,000 Ud	Base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P) según UNE-EN 60269-1.	15,600
	mo003	0,200 h	Oficial 1ª electricista.	22,000
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	22,670
		4,000 %	Costes indirectos	23,120
			<b>Precio total por Ud .</b>	<b>24,04</b>
4.1.2	IEX020	Ud	<b>Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Montaje y conexionado del elemento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b>	
	mt35amc401p	1,000 Ud	Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60947-3.	81,320
	mo003	0,250 h	Oficial 1ª electricista.	22,000
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	86,820
		4,000 %	Costes indirectos	88,560
			<b>Precio total por Ud .</b>	<b>92,10</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
4.1.3	IEX020b	Ud	<b>Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Montaje y conexionado del elemento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b>	
	mt35amc401p	1,000 Ud	Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60947-3.	81,320
	mo003	0,250 h	Oficial 1ª electricista.	22,000
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	86,820
		4,000 %	Costes indirectos	88,560
			<b>Precio total por Ud .</b>	<b>92,10</b>
<b>4.2 Aparmentada Caja combinatoria</b>				
4.2.1	IEX300c	Ud	<b>Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, intensidad nominal 315 A, poder de corte 30 kA, tamaño 22x58 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 315 A. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Montaje y conexionado del elemento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b>	
	mt35amc800doE	1,000 Ud	Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, según UNE-EN 60269-1.	2,670
	mt35amc810i	1,000 Ud	Base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P) según UNE-EN 60269-1.	15,600
	mo003	0,200 h	Oficial 1ª electricista.	22,000
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	22,670
		4,000 %	Costes indirectos	23,120
			<b>Precio total por Ud .</b>	<b>24,04</b>
4.2.2	IEX300d	Ud	<b>Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, intensidad nominal 160 A, poder de corte 10 kA, tamaño 22x58 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 160 A. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Montaje y conexionado del elemento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b>	

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
	mt35amc800doE	1,000 Ud	Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, según UNE-EN 60269-1.	2,670	2,67
	mt35amc810i	1,000 Ud	Base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P) según UNE-EN 60269-1.	15,600	15,60
	mo003	0,200 h	Oficial 1ª electricista.	22,000	4,40
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	22,670	0,45
		4,000 %	Costes indirectos	23,120	0,92
<b>Precio total por Ud .</b>					<b>24,04</b>

### 4.3 Aparamente Centro de Transformación

4.3.1 IEX050		<b>Ud</b>	<b>Interruptor automático magnetotérmico, de 3 módulos, tripolar (3P), intensidad nominal 630 A, poder de corte 15 kA, curva C, de 54x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Montaje y conexionado del elemento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b>		
	mt35amc022gg	1,000 Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 3 módulos, tripolar (3P), intensidad nominal 630 A, poder de corte 15 kA, curva C, de 54x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	77,420	77,42
	mo003	0,300 h	Oficial 1ª electricista.	22,000	6,60
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	84,020	1,68
		4,000 %	Costes indirectos	85,700	3,43
<b>Precio total por Ud .</b>					<b>89,13</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>5 CAPÍTULO 04: PUESTA A TIERRA</b>				
<b>5.1 Puesta a tierra de la planta</b>				
5.1.1	IEP025	m	<b>Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 35 mm<sup>2</sup> de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado.</b> <b>Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.</b> <b>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</b> <b>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</b>	
	mt35ttc010b	1,000 m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm <sup>2</sup> .	2,810
	mt35www020	0,100 Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,150
	mo003	0,100 h	Oficial 1ª electricista.	22,000
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	5,130
		4,000 %	Costes indirectos	5,230
<b>Precio total por m .</b>				<b>5,44</b>
5.1.2	IEP021b	Ud	<b>Toma de tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno.</b> <b>Incluye: Replanteo. Excavación con medios manuales. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Hincado de la pica. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Relleno del trasdós. Conexión a la red de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</b> <b>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</b> <b>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b>	
	mt35tte010b	1,000 Ud	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud.	18,000
	mt35ttc010b	0,250 m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm <sup>2</sup> .	2,810
	mt35tta040	1,000 Ud	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000
	mt35tta010	1,000 Ud	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	74,000
	mt35tta030	1,000 Ud	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	46,000
	mt35tta060	0,333 Ud	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	3,500
	mt35www020	1,000 Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,150
	mo003	0,250 h	Oficial 1ª electricista.	22,000
	mo102	0,250 h	Ayudante electricista.	20,300
	mo113	0,002 h	Peón ordinario construcción.	20,100



## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total	
	%		2,000 % Costes directos complementarios	152,640	3,05
			4,000 % Costes indirectos	155,690	6,23
			<b>Precio total por Ud .</b>		<b>161,92</b>
5.1.3	ADE010d	m <sup>3</sup>	<b>Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</b> <b>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</b> <b>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</b> <b>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</b>		
	mq01ret020b		0,360 h Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	40,900	14,72
	mo113		0,180 h Peón ordinario construcción.	20,100	3,62
	%		2,000 % Costes directos complementarios	18,340	0,37
			4,000 % Costes indirectos	18,710	0,75
			<b>Precio total por m<sup>3</sup> .</b>		<b>19,46</b>
			<b>5.2 Puesta a tierra del centro de transformación</b>		
5.2.1	IEP025b	m	<b>Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm<sup>2</sup> de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado.</b> <b>Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.</b> <b>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</b> <b>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</b>		
	mt35ttc010c		1,000 m Conductor de cobre desnudo, de 50 mm <sup>2</sup> .	4,810	4,81
	mt35www020		0,100 Ud Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,150	0,12
	mo003		0,100 h Oficial 1º electricista.	22,000	2,20
	%		2,000 % Costes directos complementarios	7,130	0,14
			4,000 % Costes indirectos	7,270	0,29
			<b>Precio total por m .</b>		<b>7,56</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
5.2.2	IEP021	Ud	<p><b>Toma de tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno.</b></p> <p><b>Incluye: Replanteo. Excavación con medios manuales. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Hincado de la pica. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Relleno del trasdós. Conexión a la red de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</b></p>	
	mt35tte010b	1,000 Ud	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud.	18,000
	mt35ttc010b	0,250 m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm <sup>2</sup> .	2,810
	mt35tta040	1,000 Ud	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000
	mt35tta010	1,000 Ud	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	74,000
	mt35tta030	1,000 Ud	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	46,000
	mt35tta060	0,333 Ud	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	3,500
	mt35www020	1,000 Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,150
	mo003	0,250 h	Oficial 1ª electricista.	22,000
	mo102	0,250 h	Ayudante electricista.	20,300
	mo113	0,002 h	Peón ordinario construcción.	20,100
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	152,640
		4,000 %	Costes indirectos	155,690
			<b>Precio total por Ud .</b>	<b>161,92</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
5.2.3	ADE010c	m <sup>3</sup>	<p><b>Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</b></p> <p><b>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</b></p> <p><b>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</b></p> <p><b>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</b></p>	
	mq01ret020b	0,360 h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	40,900
	mo113	0,180 h	Peón ordinario construcción.	20,100
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	18,340
		4,000 %	Costes indirectos	18,710
			<b>Precio total por m<sup>3</sup> .</b>	<b>19,46</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>6 CAPÍTULO 5: RESIDUOS</b>				
6.1	GTA020	m³	<p>Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 20 km.</p> <p><b>Criterio de valoración económica:</b> El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.</p> <p><b>Incluye:</b> Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos.</p> <p><b>Criterio de medición de proyecto:</b> Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.</p> <p><b>Criterio de medición de obra:</b> Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.</p>	
	mq04cab010e	0,100 h	Camión basculante de 20 t de carga, de 213 kW.	47,300
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	4,730
		4,000 %	Costes indirectos	0,19
			<b>Precio total por m³ .</b>	<b>5,01</b>

## 00 CAPÍTULO 0: LIMPIEZA DEL TERRENO

N°	Ud	Descripción	Medición
ADL005	M <sup>2</sup>	<p>Desbroce y limpieza del terreno de topografía plana, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la tala de árboles ni el transporte de los materiales retirados.</p> <p>Incluye: Replanteo en el terreno. Remoción mecánica de los materiales de desbroce. Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce. Carga a camión.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>	<b>Total m<sup>2</sup> : 19.791,804</b>

## 01 CAPÍTULO 01: Conexión de la planta

Nº	Ud	Descripción	Medición
ADE010	M³	<p>Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p>	<p><b>Total m³ : 665,069</b></p>
IEH012	M	<p>Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción.</p> <p>Incluye: Tendido del cable. Conexiónado. Comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total m : 3.166,995</b></p>
ADE010b	M³	<p>Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p>	<p><b>Total m³ : 181,862</b></p>
IEH012b	M	<p>Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de aluminio clase 2 de 185 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción.</p> <p>Incluye: Tendido del cable. Conexiónado. Comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total m : 2.226,877</b></p>

## 01 CAPÍTULO 01: Conexión de la planta

Nº	Ud	Descripción	Medición
IEH020	M	<p>Cable eléctrico unipolar, Tap Al Voltalene H "PRYSMIAN", normalizado por Naturgy, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL RHZ1-2OL 12/20 kV, tensión nominal 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, con barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, rígido (clase 2), de 1x400/1x16 mm<sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 16 mm<sup>2</sup> de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo DMZ1 Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a la abrasión.</p> <p>Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	<b>Total m : 7,242</b>
IEO040	M	<p>Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 100x500 mm, resistencia al impacto 20 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, con 3 compartimentos separados por tabique de separación, de PVC, color gris RAL 7035, con soporte vertical, de PVC, color gris RAL 7035.</p> <p>Incluye: Replanteo. Fijación del soporte. Colocación y fijación de la bandeja. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	<b>Total m : 2,414</b>
IEH020b	M	<p>Cable eléctrico unipolar, Al Eprotenax H Compact "PRYSMIAN", normalizado por Iberdrola, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL HEPRZ1 18/30 kV, tensión nominal 18/30 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, rígido (clase 2), de 1x400/1x25 mm<sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de etileno propileno reticulado de alto módulo de formulación Prysmian (HEPR), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 25 mm<sup>2</sup> de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo DMZ1 Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a la abrasión.</p> <p>Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	<b>Total m : 4.463,865</b>

## 02 CAPÍTULO 02: Instalación de la planta

Nº	Ud	Descripción	Medición
IEF001	Ud	<p>Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 550 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 31,96 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 17,21 A, tensión en circuito abierto (Voc) 38,78 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 18,2 A, eficiencia 21,05%, 110 células de 210x105 mm, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 2384x1096x35 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m², resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m², peso 28,85 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la estructura soporte.</p> <p>Incluye: Colocación y fijación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total Ud : 1.826,000</b></p>
IEF050	Ud	<p>Armario monobloc de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de 500x600x230 mm, color gris RAL 7035, con grados de protección IP66 e IK10. Instalación en superficie.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación y fijación.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total Ud : 8,000</b></p>
IEF004	Ud	<p>Soporte seguidor solar para módulo solar fotovoltaico, de acero, de 8000x2500x195 mm, con posibilidad de ajustar el ángulo de inclinación entre -55° y 55°.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total Ud : 83,000</b></p>
IEF020	Ud	<p>Inversor trifásico, voltaje de entrada máximo 1000 Vcc, rango de voltaje de entrada de 500 a 850 Vcc, potencia nominal de salida 500 kW, eficiencia máxima 98,5%, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.</p> <p>Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total Ud : 2,000</b></p>
IEF020b	Ud	<p>Transformador, voltaje de entrada 420 V, voltaje de salida 20000 V, potencia nominal de salida 1 MW, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus.</p> <p>Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.</p> <p>Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total Ud : 1,000</b></p>



## 02 CAPÍTULO 02: Instalación de la planta

Nº	Ud	Descripción	Medición
IGD110	Ud	<p>Depósito homologado de gas, enterrado, de chapa de acero, de 1900 mm de radio y 6000 mm de longitud, con una capacidad de 60500 litros. Incluso arqueta de acero inoxidable con tapa, boca de inspección, indicador de nivel, tubo buzo para toma de gas, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y zuncho.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la obra civil, la toma de tierra ni el equipo de protección catódica.</p> <p>Incluye: Replanteo. Introducción del depósito en el foso. Sujeción del depósito a los apoyos. Colocación del zuncho. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	
			<b>Total Ud : 1,000</b>
IGM015	M	<p>Tubería con vaina metálica, para montante individual de gas, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, diámetro D=25,6/28 mm y 1,2 mm de espesor. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, pasta de relleno, accesorios y piezas especiales colocados mediante soldadura fuerte por capilaridad.</p> <p>Incluye: Replanteo y trazado. Colocación de la vaina. Colocación de tubos. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	
			<b>Total m : 2,000</b>
IGD110b	Ud	<p>Depósito homologado de agua, enterrado, de chapa de acero, de 700 mm de radio y 6000 mm de longitud, con una capacidad de 9236 litros. Incluso arqueta de acero inoxidable con tapa, indicador de nivel, tubo buzo para toma de gas en fase líquida, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y zuncho.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la obra civil, la toma de tierra ni el equipo de protección catódica.</p> <p>Incluye: Replanteo. Introducción del depósito en el foso. Sujeción del depósito a los apoyos. Colocación del zuncho. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	
			<b>Total Ud : 1,000</b>
IHA110	M	<p>Tubería formada por tubo de acero galvanizado, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, serie M, de 1 1/2" DN 40 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor. Instalación en superficie. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación y fijación de tubos, accesorios y piezas especiales. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	
			<b>Total m : 2,000</b>
IGW100	Ud	<p>Generador de hidrógeno y transformador regulador.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación del generador y del transformador.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	
			<b>Total Ud : 1,000</b>

### 03 CAPÍTULO 03: Aparamenta

Nº	Ud	Descripción	Medición
IEX300	Ud	<p>Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, intensidad nominal 30 A, poder de corte 20 kA, tamaño 22x58 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 30 A. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total Ud : 166,000</b></p>
IEX020	Ud	<p>Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total Ud : 2,000</b></p>
IEX020b	Ud	<p>Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total Ud : 6,000</b></p>
IEX300c	Ud	<p>Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, intensidad nominal 315 A, poder de corte 30 kA, tamaño 22x58 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 315 A. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total Ud : 12,000</b></p>
IEX300d	Ud	<p>Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, intensidad nominal 160 A, poder de corte 10 kA, tamaño 22x58 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 160 A. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total Ud : 4,000</b></p>
IEX050	Ud	<p>Interruptor automático magnetotérmico, de 3 módulos, tripolar (3P), intensidad nominal 630 A, poder de corte 15 kA, curva C, de 54x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<p><b>Total Ud : 1,000</b></p>

## 04 CAPÍTULO 04: PUESTA A TIERRA

Nº	Ud	Descripción	Medición
IEP025	M	<p>Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 35 mm<sup>2</sup> de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	<b>Total m :</b> <b>979,564</b>
IEP021b	Ud	<p>Toma de tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno.</p> <p>Incluye: Replanteo. Excavación con medios manuales. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Hincado de la pica. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Relleno del trasdós. Conexión a la red de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<b>Total Ud :</b> <b>20,000</b>
ADE010d	M <sup>3</sup>	<p>Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p>	<b>Total m<sup>3</sup> :</b> <b>274,278</b>
IEP025b	M	<p>Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm<sup>2</sup> de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	<b>Total m :</b> <b>14,000</b>
IEP021	Ud	<p>Toma de tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno.</p> <p>Incluye: Replanteo. Excavación con medios manuales. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Hincado de la pica. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Relleno del trasdós. Conexión a la red de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	<b>Total Ud :</b> <b>4,000</b>

## 04 CAPÍTULO 04: PUESTA A TIERRA

Nº	Ud	Descripción	Medición
ADE010c	M³	<p>Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p>	<p><b>Total m³ : 3,920</b></p>

## 05 CAPÍTULO 5: RESIDUOS

N°	Ud	Descripción	Medición
GTA020	M³	<p>Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 20 km.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.</p> <p>Incluye: Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.</p>	<b>Total m³ : 227,975</b>

## Presupuesto parcial nº 00 CAPÍTULO 0: LIMPIEZA DEL TERRENO

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
ADL005	M <sup>2</sup>	<p>Desbroce y limpieza del terreno de topografía plana, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la tala de árboles ni el transporte de los materiales retirados.</p> <p>Incluye: Replanteo en el terreno. Remoción mecánica de los materiales de desbroce. Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce. Carga a camión.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>				
			Total m <sup>2</sup> :	19.791,804	1,12	<b>22.166,82</b>
<b>Total Presupuesto parcial nº 00 CAPÍTULO 0: LIMPIEZA DEL TERRENO :</b>					<b>22.166,82</b>	

## Presupuesto parcial nº 01 CAPÍTULO 01: Conexión de la planta

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
<b>01.01 CONEXIONES MÓDULOS</b>						
ADE010	M³	Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.	Total m³ :	665,069	19,46	<b>12.942,24</b>
IEH012	M	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.	Total m :	3.166,995	4,19	<b>13.269,71</b>
<b>Total 01.01 CONEXIONES MÓDULOS</b>					<b>26.211,95</b>	
<b>01.02 CONEXIONES DE CAJA</b>						
ADE010b	M³	Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.	Total m³ :	181,862	19,46	<b>3.539,03</b>
IEH012b	M	Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de aluminio clase 2 de 185 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.	Total m :	2.226,877	10,04	<b>22.357,85</b>
<b>Total 01.02 CONEXIONES DE CAJA</b>					<b>25.896,88</b>	
<b>01.03 CONEXIONES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>						

## Presupuesto parcial nº 01 CAPÍTULO 01: Conexión de la planta

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
IEH020	M	<p>Cable eléctrico unipolar, Tap Al Voltalene H "PRYSMIAN", normalizado por Naturgy, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL RHZ1-2OL 12/20 kV, tensión nominal 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, con barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, rígido (clase 2), de 1x400/1x16 mm<sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 16 mm<sup>2</sup> de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo DMZ1 Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a la abrasión.</p> <p>Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>				
			Total m :	7,242	33,28	<b>241,01</b>
IEO040	M	<p>Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 100x500 mm, resistencia al impacto 20 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, con 3 compartimentos separados por tabique de separación, de PVC, color gris RAL 7035, con soporte vertical, de PVC, color gris RAL 7035.</p> <p>Incluye: Replanteo. Fijación del soporte. Colocación y fijación de la bandeja.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>				
			Total m :	2,414	160,09	<b>386,46</b>
<b>Total 01.03 CONEXIONES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>						<b>627,47</b>
<b>01.04 CONEXIONES DE MEDIA TENSIÓN</b>						
IEH020b	M	<p>Cable eléctrico unipolar, Al Eprotenax H Compact "PRYSMIAN", normalizado por Iberdrola, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL HEPRZ1 18/30 kV, tensión nominal 18/30 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, rígido (clase 2), de 1x400/1x25 mm<sup>2</sup> de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de etileno propileno reticulado de alto módulo de formulación Prysmian (HEPR), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 25 mm<sup>2</sup> de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo DMZ1 Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a la abrasión.</p> <p>Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>				
			Total m :	4.463,865	40,44	<b>180.518,70</b>
<b>Total 01.04 CONEXIONES DE MEDIA TENSIÓN</b>						<b>180.518,70</b>
<b>Total Presupuesto parcial nº 01 CAPÍTULO 01: Conexión de la planta :</b>						<b>233.255,00</b>



## Presupuesto parcial nº 02 CAPÍTULO 02: Instalación de la planta

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
<b>02.01 COMPONENTES DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA</b>					
IEF001	Ud	Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 550 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 31,96 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 17,21 A, tensión en circuito abierto (Voc) 38,78 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 18,2 A, eficiencia 21,05%, 110 células de 210x105 mm, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 2384x1096x35 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m², resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m², peso 28,85 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la estructura soporte. Incluye: Colocación y fijación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
		Total Ud :	1.826,000	260,47	<b>475.618,22</b>
IEF050	Ud	Armario monobloc de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de 500x600x230 mm, color gris RAL 7035, con grados de protección IP66 e IK10. Instalación en superficie. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
		Total Ud :	8,000	110,18	<b>881,44</b>
IEF004	Ud	Soporte seguidor solar para módulo solar fotovoltaico, de acero, de 8000x2500x195 mm, con posibilidad de ajustar el ángulo de inclinación entre -55° y 55°. Incluye: Replanteo. Colocación. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
		Total Ud :	83,000	52,04	<b>4.319,32</b>
IEF020	Ud	Inversor trifásico, voltaje de entrada máximo 1000 Vcc, rango de voltaje de entrada de 500 a 850 Vcc, potencia nominal de salida 500 kW, eficiencia máxima 98,5%, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación. Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
		Total Ud :	2,000	6.046,85	<b>12.093,70</b>
IEF020b	Ud	Transformador, voltaje de entrada 420 V, voltaje de salida 20000 V, potencia nominal de salida 1 MW, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación. Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
		Total Ud :	1,000	6.046,85	<b>6.046,85</b>
<b>Total 02.01 COMPONENTES DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA</b>					<b>498.959,53</b>

### 02.02 COMPONENTES DE GENERACIÓN DE HIDRÓGENO

## Presupuesto parcial nº 02 CAPÍTULO 02: Instalación de la planta

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
IGD110	Ud	<p>Depósito homologado de gas, enterrado, de chapa de acero, de 1900 mm de radio y 6000 mm de longitud, con una capacidad de 60500 litros. Incluso arqueta de acero inoxidable con tapa, boca de inspección, indicador de nivel, tubo buzo para toma de gas, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y zuncho.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la obra civil, la toma de tierra ni el equipo de protección catódica.</p> <p>Incluye: Replanteo. Introducción del depósito en el foso. Sujeción del depósito a los apoyos. Colocación del zuncho. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
Total Ud :			1,000	49.391,34	<b>49.391,34</b>
IGM015	M	<p>Tubería con vaina metálica, para montante individual de gas, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, diámetro D=25,6/28 mm y 1,2 mm de espesor. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, pasta de relleno, accesorios y piezas especiales colocados mediante soldadura fuerte por capilaridad.</p> <p>Incluye: Replanteo y trazado. Colocación de la vaina. Colocación de tubos. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			
Total m :			2,000	26,24	<b>52,48</b>
IGD110b	Ud	<p>Depósito homologado de agua, enterrado, de chapa de acero, de 700 mm de radio y 6000 mm de longitud, con una capacidad de 9236 litros. Incluso arqueta de acero inoxidable con tapa, indicador de nivel, tubo buzo para toma de gas en fase líquida, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y zuncho.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la obra civil, la toma de tierra ni el equipo de protección catódica.</p> <p>Incluye: Replanteo. Introducción del depósito en el foso. Sujeción del depósito a los apoyos. Colocación del zuncho. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
Total Ud :			1,000	9.046,51	<b>9.046,51</b>
IHA110	M	<p>Tubería formada por tubo de acero galvanizado, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, serie M, de 1 1/2" DN 40 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor. Instalación en superficie. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación y fijación de tubos, accesorios y piezas especiales. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			
Total m :			2,000	27,80	<b>55,60</b>
IGW100	Ud	<p>Generador de hidrógeno y transformador regulador.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación del generador y del transformador.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
Total Ud :			1,000	923.037,55	<b>923.037,55</b>
<b>Total 02.02 COMPONENTES DE GENERACIÓN DE HIDRÓGENO</b>					<b>981.583,48</b>
<b>Total Presupuesto parcial nº 02 CAPÍTULO 02: Instalación de la planta :</b>					<b>1.480.543,01</b>

## Presupuesto parcial nº 03 CAPÍTULO 03: Aparamenta

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
<b>03.01 Aparamenta Módulos</b>					
IEX300	Ud	<p>Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, intensidad nominal 30 A, poder de corte 20 kA, tamaño 22x58 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 30 A. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
Total Ud :			166,000	24,04	<b>3.990,64</b>
IEX020	Ud	<p>Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
Total Ud :			2,000	92,10	<b>184,20</b>
IEX020b	Ud	<p>Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 125 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
Total Ud :			6,000	92,10	<b>552,60</b>
<b>Total 03.01 Aparamenta Módulos</b>					<b>4.727,44</b>
<b>03.02 Aparamenta Caja combinatoria</b>					
IEX300c	Ud	<p>Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, intensidad nominal 315 A, poder de corte 30 kA, tamaño 22x58 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 315 A. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
Total Ud :			12,000	24,04	<b>288,48</b>
IEX300d	Ud	<p>Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gPV, intensidad nominal 160 A, poder de corte 10 kA, tamaño 22x58 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 160 A. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
Total Ud :			4,000	24,04	<b>96,16</b>
<b>Total 03.02 Aparamenta Caja combinatoria</b>					<b>384,64</b>
<b>03.03 Aparamente Centro de Transformación</b>					

## Presupuesto parcial nº 03 CAPÍTULO 03: Aparamenta

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
IEX050	Ud	<p>Interruptor automático magnetotérmico, de 3 módulos, tripolar (3P), intensidad nominal 630 A, poder de corte 15 kA, curva C, de 54x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Montaje y conexionado del elemento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
			Total Ud :	1,000	89,13
					<b>89,13</b>
			<b>Total 03.03 Aparamente Centro de Transformación</b>		<b>89,13</b>
			<b>Total Presupuesto parcial nº 03 CAPÍTULO 03: Aparamenta :</b>		<b>5.201,21</b>

## Presupuesto parcial n° 04 CAPÍTULO 04: PUESTA A TIERRA

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
<b>04.01 Puesta a tierra de la planta</b>						
IEP025	<b>M</b>	<p>Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 35 mm<sup>2</sup> de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	Total m :	979,564	5,44	<b>5.328,83</b>
IEP021b	<b>Ud</b>	<p>Toma de tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno.</p> <p>Incluye: Replanteo. Excavación con medios manuales. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Hincado de la pica. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Relleno del trasdós. Conexión a la red de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	Total Ud :	20,000	161,92	<b>3.238,40</b>
ADE010d	<b>M³</b>	<p>Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p>	Total m³ :	274,278	19,46	<b>5.337,45</b>
<b>Total 04.01 Puesta a tierra de la planta</b>						<b>13.904,68</b>
<b>04.02 Puesta a tierra del centro de transformación</b>						
IEP025b	<b>M</b>	<p>Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm<sup>2</sup> de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	Total m :	14,000	7,56	<b>105,84</b>

Presupuesto parcial nº 04 CAPÍTULO 04: PUESTA A TIERRA

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
IEP021	Ud	<p>Toma de tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno.</p> <p>Incluye: Replanteo. Excavación con medios manuales. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Hincado de la pica. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Relleno del trasdós. Conexión a la red de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
			Total Ud :	4,000	161,92
					<b>647,68</b>
ADE010c	M³	<p>Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 0,7 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p>			
			Total m³ :	3,920	19,46
					<b>76,28</b>
<b>Total 04.02 Puesta a tierra del centro de transformación</b>					<b>829,80</b>
<b>Total Presupuesto parcial nº 04 CAPÍTULO 04: PUESTA A TIERRA :</b>					<b>14.734,48</b>

## Presupuesto parcial nº 05 CAPÍTULO 5: RESIDUOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
GTA020	M³	<p>Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 20 km.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.</p> <p>Incluye: Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.</p>			
		Total m³ :	227,975	5,01	<b>1.142,15</b>
<b>Total Presupuesto parcial nº 05 CAPÍTULO 5: RESIDUOS :</b>					<b>1.142,15</b>

Proyecto: PRESUPUESTO

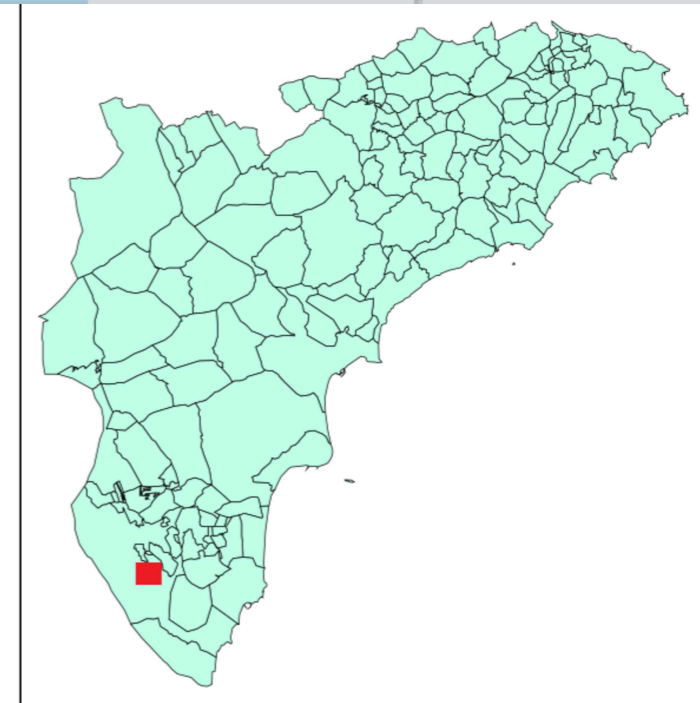
<b>Capítulo</b>	<b>Importe</b>
<b>1 CAPÍTULO 0: LIMPIEZA DEL TERRENO .</b>	<b>22.166,82</b>
<b>2 CAPÍTULO 01: Conexión de la planta</b>	
2.1 CONEXIONES MÓDULOS .	26.211,95
2.2 CONEXIONES DE CAJA .	25.896,88
2.3 CONEXIONES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .	627,47
2.4 CONEXIONES DE MEDIA TENSIÓN .	180.518,70
<b>Total 2 CAPÍTULO 01: Conexión de la planta .....</b>	<b>233.255,00</b>
<b>3 CAPÍTULO 02: Instalación de la planta</b>	
3.1 COMPONENTES DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA .	498.959,53
3.2 COMPONENTES DE GENERACIÓN DE HIDRÓGENO .	981.583,48
<b>Total 3 CAPÍTULO 02: Instalación de la planta .....</b>	<b>1.480.543,01</b>
<b>4 CAPÍTULO 03: Aparamenta</b>	
4.1 Aparamenta Módulos .	4.727,44
4.2 Aparamenta Caja combinatoria .	384,64
4.3 Aparamente Centro de Transformación .	89,13
<b>Total 4 CAPÍTULO 03: Aparamenta .....</b>	<b>5.201,21</b>
<b>5 CAPÍTULO 04: PUESTA A TIERRA</b>	
5.1 Puesta a tierra de la planta .	13.904,68
5.2 Puesta a tierra del centro de transformación .	829,80
<b>Total 5 CAPÍTULO 04: PUESTA A TIERRA .....</b>	<b>14.734,48</b>
<b>6 CAPÍTULO 5: RESIDUOS .</b>	<b>1.142,15</b>
<b>Presupuesto de ejecución material</b>	<b>1.757.042,67</b>
12% de gastos generales	210.845,12
6% de beneficio industrial	105.422,56
<b>Suma</b>	<b>2.073.310,35</b>
21% IVA	435.395,17
<b>Presupuesto de ejecución por contrata</b>	<b>2.508.705,52</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de DOS MILLONES QUINIENOS OCHO MIL SETECIENTOS CINCO EUROS CON CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS.

Orihuela, Septiembre 2023  
Ingeniero Industrial  
Carlos Soriano Manresa

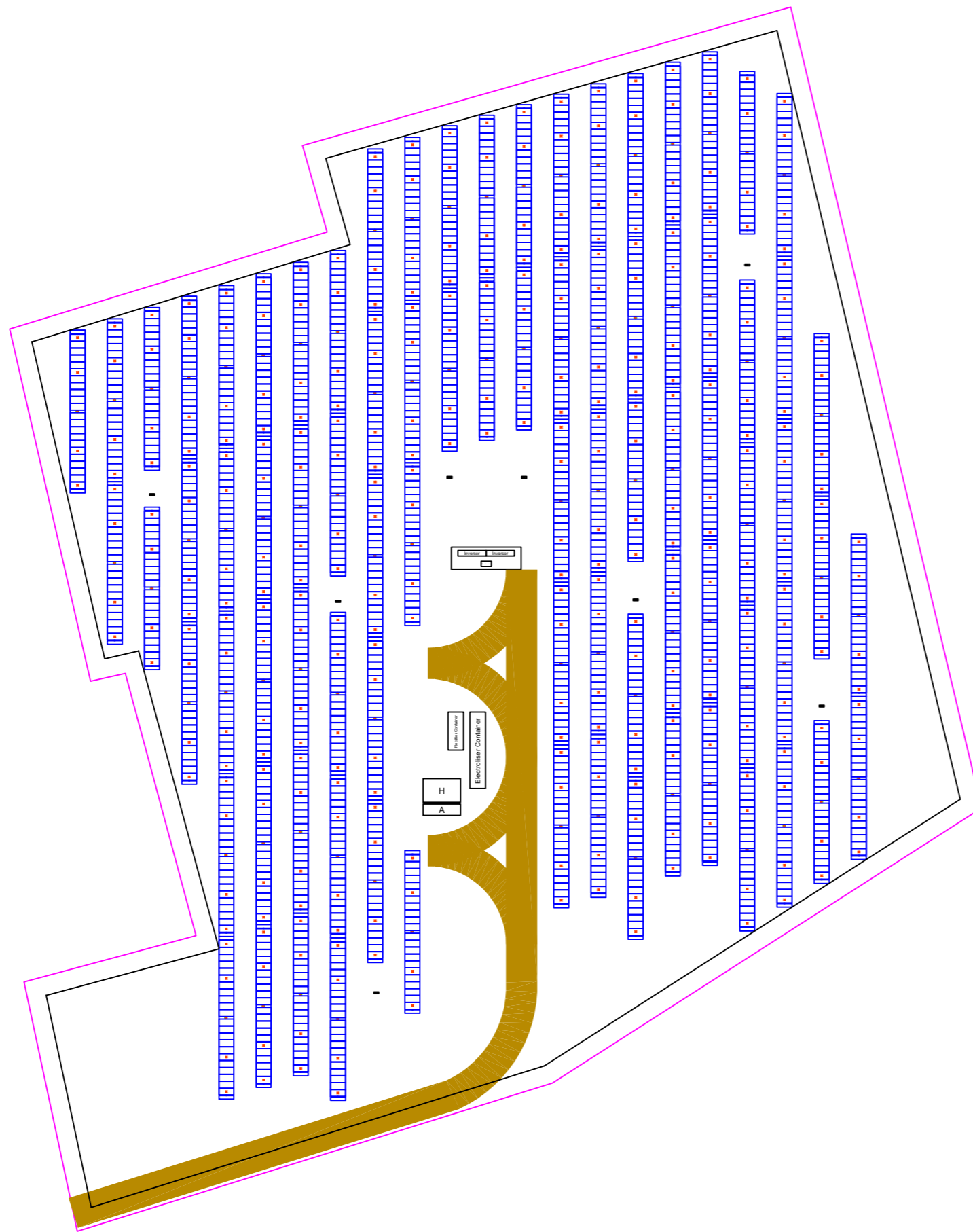
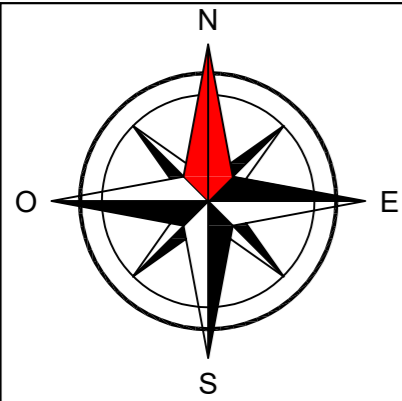


# **DOCUMENTO III: PLANOS**



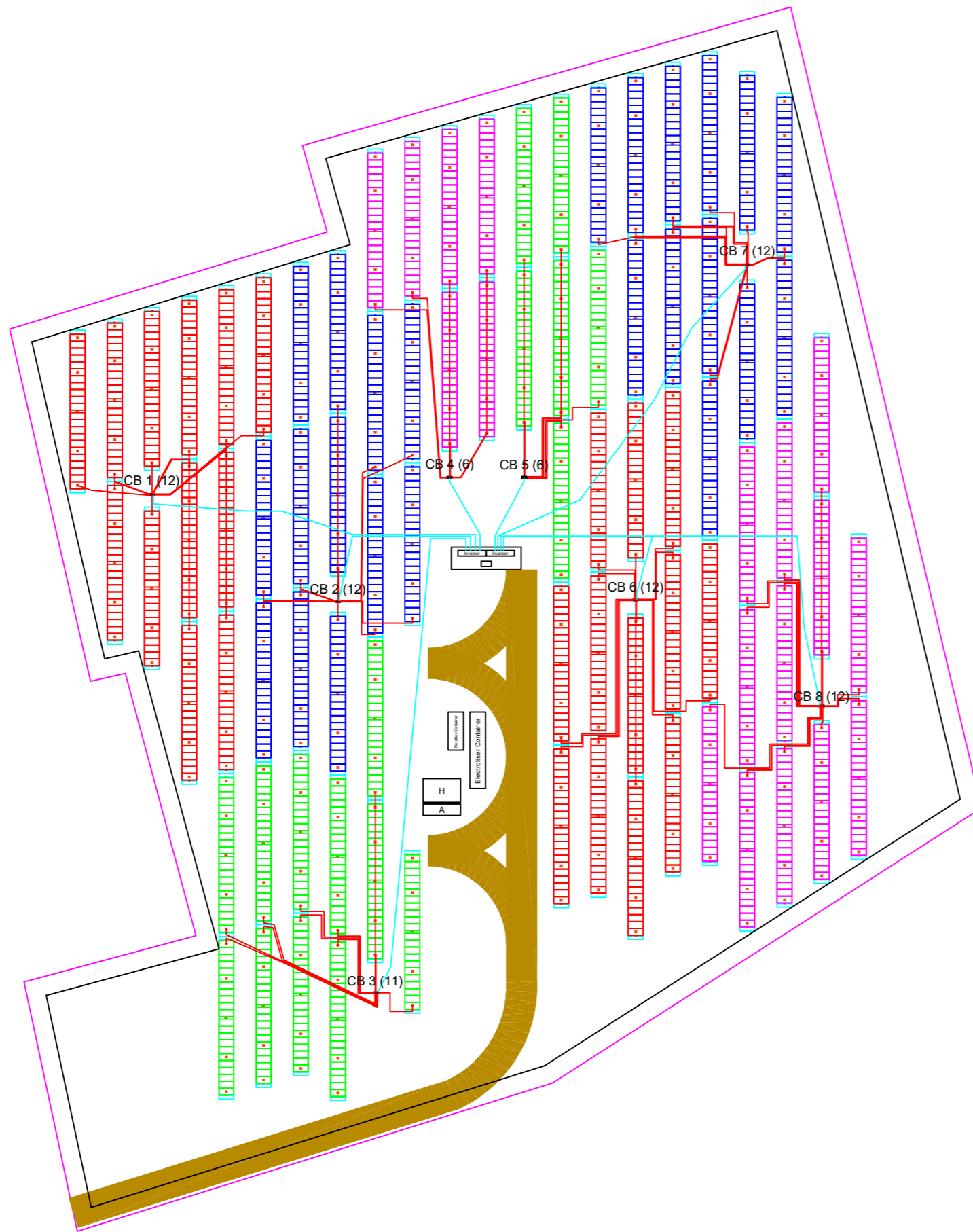
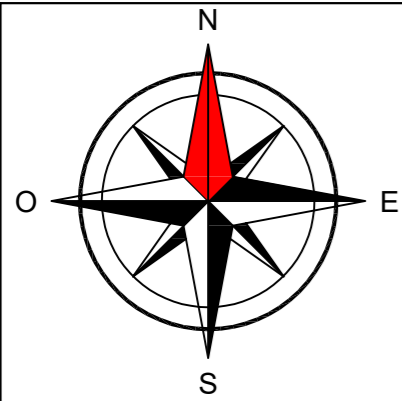
UTM 30  
 X: 684938.1665  
 Y: 4217642.6444

Ref. catastral: 03099A075000470000TZ



## Leyenda


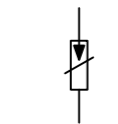


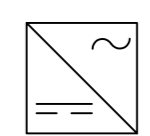
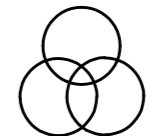

	Seguidor solar con 22 módulos
	Centro de transformación
	Carretera Espesor: 5m
	Depósito: - Hidrógeno - Agua
	Generador de hidrógeno
	Caja combinatoria de CC
	Límite parcela
	Límite seguidores

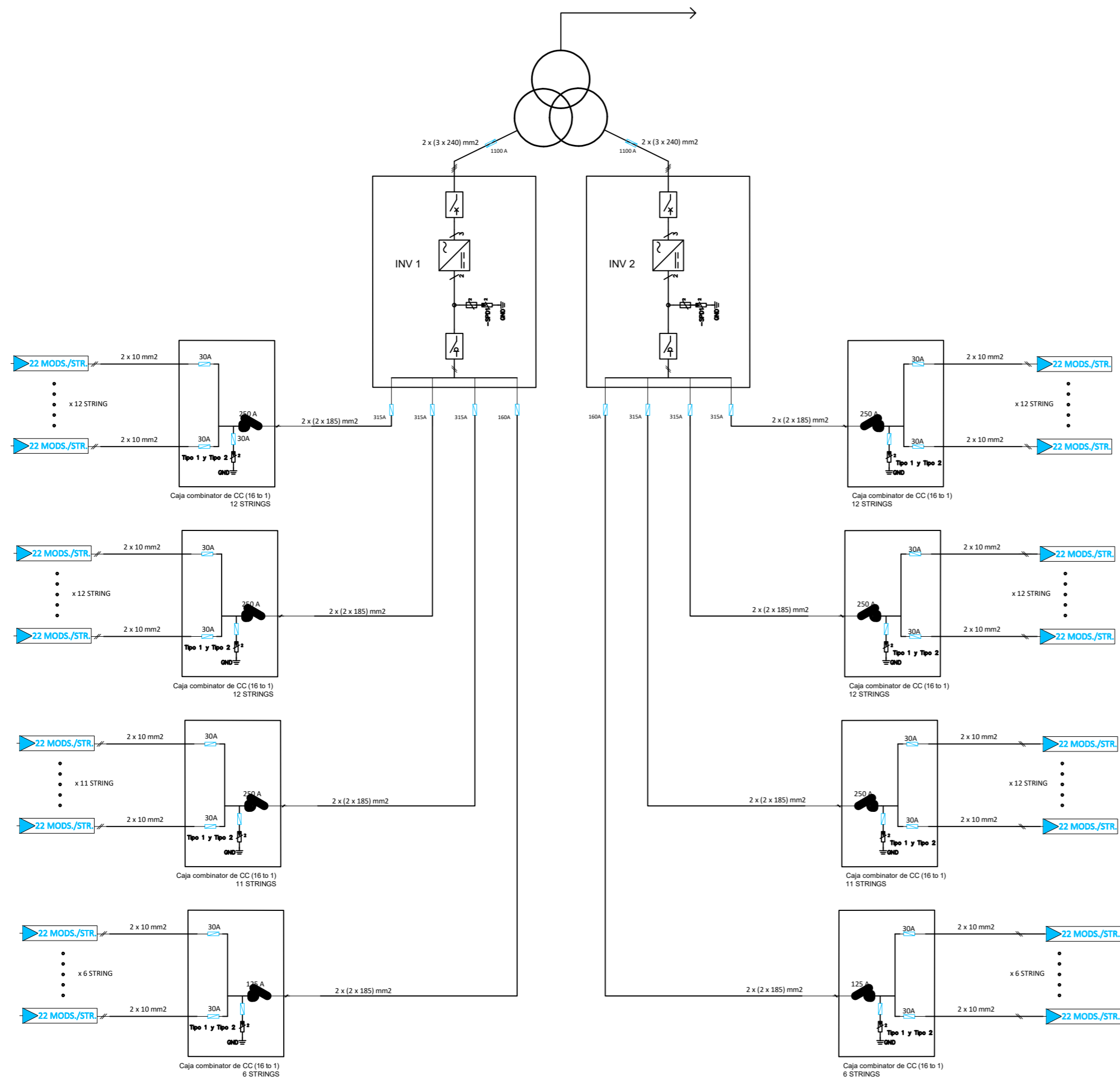


## Leyenda

	Seguidor solar con 22 módulos
	Cable BT 10 mm <sup>2</sup>
	Cable BT 185 mm <sup>2</sup>
	Centro de transformación
	Carretera Espesor: 5m
	Depósito: - Hidrógeno - Agua
	Generador de hidrógeno
	Caja combinatoria de CC
	Caja combinatoria de CC X: ID de la caja Y: Nº de strings que conectan
	Límite parcela
	Límite seguidores

# Leyenda

-  Fusible
-  Descargador de sobretensiones
-  Interruptor - seccionador
-  Interruptor automático
-  Inversor
-  Transformador
-  Fila de módulos



# **ANEXO I: CÁLCULOS**

## Índice Anexo I: Cálculos

1.	Configuración de la planta .....	1
1.1.	Agrupación de módulos fotovoltaicos .....	1
1.2.	Generación de hidrógeno.....	5
2.	Cableado.....	8
2.1.	Tramo I: Seguidor a Caja Combinatoria.....	8
2.2.	Tramo II: Caja Combinatoria a Inversor .....	13
2.3.	Tramo III: Inversor a Centro de Transformación .....	16
3.	Protecciones.....	18
3.1.	Tramo I: Seguidor a Caja Combinatoria.....	19
3.2.	Tramo II: Caja Combinatoria a Inversor .....	22
3.3.	Tramo III: Inversor a Centro de Transformación .....	22
3.4.	Tramo IV: Centro de Transformación a Red de media tensión.....	25
4.	Puesta a Tierra.....	26
4.1.	Resistencia de puesta a tierra de las masas de baja tensión (Ra).....	27
4.2.	Resistencia de puesta a tierra de las masas del centro de transformación (Rc).....	28
4.3.	Unión de puestas a tierra.....	30

## Índice Tablas Anexo I: Cálculos

Tabla 1: caídas de tensión para secciones de 6 mm <sup>2</sup> por caja combinatoria de CC (elaboración propia).....	12
Tabla 2: caídas de tensión para secciones de 10 mm <sup>2</sup> por caja combinatoria de CC (elaboración propia).....	12
Tabla 3: caída de tensión hasta los inversores con una sección de 185 mm <sup>2</sup> (elaboración propia).....	15
Tabla 4: comprobación de la caída de tensión total (elaboración propia).....	16
Tabla 5: especificaciones fusible módulos (elaboración propia).....	20
Tabla 6: especificaciones interruptor seccionador para 12 módulos (elaboración propia).....	21
Tabla 7: especificaciones interruptor seccionador para 11 módulos (elaboración propia).....	21
Tabla 8: especificaciones interruptor seccionador para 6 módulos (elaboración propia).....	21
Tabla 9: especificaciones fusibles inversor 12 módulos (elaboración propia).....	22
Tabla 10: especificaciones fusibles inversor 11 módulos (elaboración propia).....	22
Tabla 11: especificaciones fusibles inversor 6 módulos (elaboración propia).....	22
Tabla 12: especificaciones fusibles transformador (elaboración propia).....	25
Tabla 13: resistencia según la disposición de las picas a 0,5 metros (Roger Folch et al., 2021).....	29

Tabla 14: resistencias según la disposición de las picas a 0,8 metros (Roger Folch et al., 2021).....	29
---	----

## Índice Ilustraciones Anexo I: Cálculos

Ilustración 1: gráfica V-I del módulo según irradiancia (hoja técnica módulo Risen) .....	1
Ilustración 2: gráfica V-I del módulo según temperatura (hoja técnica módulo Risen)...	1
Ilustración 3: gráfica de comparación entre hidrógeno real e ideal (Santiago, 2018).....	6
Ilustración 4: tabla de factores de corrección dependiendo de la presión y la temperatura (Santiago, 2018) .....	6
Ilustración 5: factores de corrección F, para la temperatura del terreno distinto de 25 °C (REBT) .....	9
Ilustración 6: factores de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1 K*m/W (REBT).....	10
Ilustración 7: tabla de resistividades según terrenos (REBT) .....	10
Ilustración 8: factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares (REBT) .....	10
Ilustración 9: tabla de secciones de cables de cobre para diferentes intensidades normalizadas (REBT).....	11
Ilustración 10: tabla de secciones de cables de aluminio para diferentes intensidades normalizadas (REBT).....	14
Ilustración 11: coeficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40 °C (REBT) .....	17
Ilustración 12: factor de corrección dependiendo del método de instalación (REBT) ..	18
Ilustración 13: tabla de resistividades según terreno (REBT) .....	28
Ilustración 14: gráfica de tensión de contacto aplicada por tiempo (REBT).....	32
Ilustración 15: tabla de tensiones de contacto aplicada admisible por duración de la corriente (REBT).....	32
Ilustración 16: tabla de ecuaciones del tiempo dependiendo de la tensión (Iberdrola Distribución Eléctrica: “Diseño de puestas a tierra en centros de transformación en edificio de otros usos, de tensión nominal $\leq 30$ kV”) .....	32



# 1. Configuración de la planta

## 1.1. Agrupación de módulos fotovoltaicos

Ya se han elegido los componentes de la planta con los que desarrollar la idea del proyecto.

Los módulos solares se conectarán en serie para sumar tensión generada y creando así los llamados comúnmente “strings” en inglés (cadenas en español), el límite de la suma de tensión generada viene dado por la tensión en circuito abierto ( $V_{oc}$ ) del panel escogido y la tensión máxima que puede soportar el inverso que es la tensión de cortocircuito máximo ( $V_{cc, \text{máx}}$ ).

Tras ello se conectan en paralelo para aumentar la intensidad del conjunto de strings esto se hará en una DC Box.

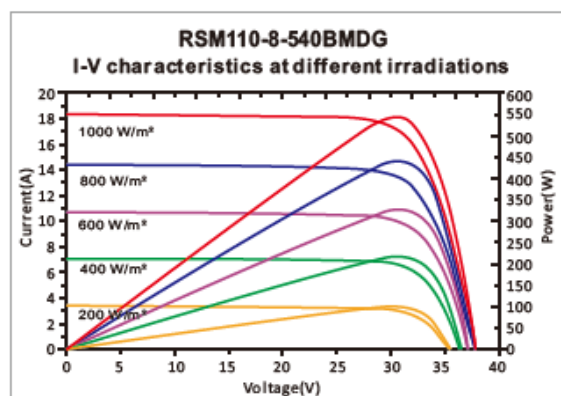


Ilustración 1: gráfica V-I del módulo según irradiancia (hoja técnica módulo Risen)

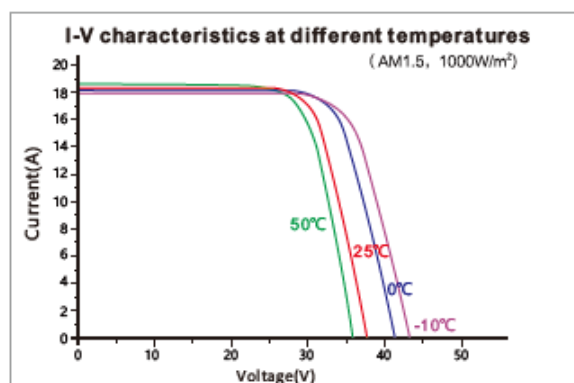


Ilustración 2: gráfica V-I del módulo según temperatura (hoja técnica módulo Risen)

Como se puede observar en la gráfica, el voltaje depende de la temperatura a la que se encuentre el panel.

Las fórmulas utilizadas para conocer la temperatura son:

$$T_{max}(^{\circ}C) = T_{amb\ max} + \frac{T_{ONC} - 20}{800} * I \quad (1)$$

$$T_{min}(^{\circ}C) = T_{amb\ min} + \frac{T_{ONC} - 20}{800} * I \quad (2)$$

Las variables son:

- $T_{amb\ min}$ : temperatura ambiente mínima
- $T_{amb\ max}$ : temperatura ambiente máxima
- $T_{ONC}$ : temperatura de funcionamiento nominal del módulo
- $I$ : irradiancia que se estima en  $1000\ W/m^2$ )

Para realizar los cálculos se estiman la temperatura máxima ambiental a la que se llegará en la zona se supondrá en  $45,5^{\circ}C$  y la temperatura mínima ambiental a la que se llegará en la zona que es  $-3,8^{\circ}C$ , las temperaturas han sido sacadas de AEMET, estos datos son los valores máximos y mínimos respectivamente alcanzados en la zona.

$$T_{max}(^{\circ}C) = 45,5 + \frac{44 - 20}{800} * 1000 = 75,5 \quad (3)$$

$$T_{min}(^{\circ}C) = -3,8 + \frac{44 - 20}{800} * 1000 = 26,2 \quad (4)$$

Tras saber las temperaturas de funcionamiento de los paneles de la planta se podrá calcular sus tensiones.

Las fórmulas utilizadas para conocer la tensión son:

$$V_{max}(V) = V_{mpp} + (1 + \alpha_{VOC} * (T_{min} - 25)) \quad (5)$$

$$V_{min}(V) = V_{mpp} + (1 + \alpha_{VOC} * (T_{max} - 25)) \quad (6)$$

Las variables son:

- $V_x$ : voltaje en función de  $T$  y su subíndice indica si es máxima o mínima
- $V_{mpp}$ : voltaje a máxima potencia del panel
- $T_x$ : temperatura del módulo ( $^{\circ}C$ ) y su subíndice indica si es máxima o mínima

- $\alpha$ : coeficiente de variación porcentual de la tensión respecto a la temperatura

$$V_{max}(V) = 31,96 * (1 - 0,0025 * (26,2 - 25)) = 31,864 \quad (7)$$

$$V_{min}(V) = 31,96 * (1 - 0,0025 * (75,5 - 25)) = 27,925 \quad (8)$$

Las fórmulas utilizadas para conocer el número de módulos en una cadena son:

$$N_{max} = \frac{V_{max\ inversor}}{V_{max}} \quad (9)$$

$$N_{min} = \frac{V_{min\ inversor}}{V_{min}} \quad (10)$$

Las variables son:

- N: número de módulos en una cadena y su subíndice indica si es máxima o mínima
- $V_x\ inversor$ : voltaje permitido por inversor y su subíndice indica si es máxima o mínima

$$N_{max} = \frac{850}{31,864} = 26,67 = 26 \text{ módulos/cadena} \quad (11)$$

$$N_{min} = \frac{500}{17,9} = 17,91 = 18 \text{ módulos/cadena} \quad (12)$$

$$N_{media} = \frac{26 + 18}{2} = 22 \text{ módulos/cadena} \quad (13)$$

Para este proyecto se utilizará una configuración de 22 módulos por cadena y por lo tanto 22 módulos por seguidor ya que por un lado facilita tanto el montaje como la realización de planos por ser simétricos (11 módulos a cada lado del motor), también se aproxima a la configuración de los seguidores solares que se encuentra en torno a 30 módulos por seguidor.

La fórmula utilizada para conocer el número de módulos en la planta es:

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \frac{\text{Potencia pico buscada}}{\text{Potencia pico por módulo}} \quad (14)$$

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \frac{1000000}{550} = 1818,18 = 1819 \text{ módulos} \quad (15)$$

Para que la planta de la potencia pico esperada tendrán que haber un total de 1819 módulos como mínimo.

Aunque este número sea el mínimo no podrá distar mucho del real ya que esta estimación de potencia dada es la que nos dejará aportar a red la empresa distribuidora.

La fórmula utilizada para conocer el número de seguidores o cadenas en la planta es:

$$N^{\circ} \text{ de cadenas} = \frac{N^{\circ} \text{ de módulos de la planta}}{N^{\circ} \text{ de módulos por cadena}} \quad (16)$$

$$N^{\circ} \text{ de cadenas} = \frac{1819}{22} = 82,68 = 83 \text{ cadenas} \quad (17)$$

Esta aproximación da una potencia pico muy similar a la ya especificada:

$$\text{Potencia pico real} = N^{\circ} \text{ de cadenas} * N^{\circ} \text{ de módulos por cadena} * \text{Potencia pico por módulo} \quad (18)$$

$$\text{Potencia pico real} = 83 * 22 * 550 = 1004300 \text{ Wp} \quad (19)$$

Lo cual da una potencia pico por encima de lo acordado pero lo suficientemente cercana como para que entre dentro de lo previsto.

Un panel solar tiene un largo de 2,384 metros y con una relación de cobertura de suelo del 40%, esta relación ha sido comprobada para la capacidad de nuestro terreno y las pérdidas por distancia. Dejando una distancia entre seguidores solares de 5,96 metros.

La relación de cobertura de suelo no puede superar en ningún caso el 45% ya que a partir de este porcentaje empezarían a aumentar las pérdidas convencionales.

## 1.2. Generación de hidrógeno

Se plantea utilizar la mitad de la capacidad de producción de la planta para la producción de hidrógeno verde, cuya producción necesita ser almacenada y también necesita de almacenamiento de agua desionizada para su funcionamiento. Estos tanques de almacenaje serán enterrados tanto para no sobrecalentar los productos como para no generar sombras a los módulos y así no perder eficiencia en la producción.

Primero se calculará la producción máxima esperada por parte del generador, como se va a realizar el máximo, utilizará la mitad de la potencia pico de la planta.

Como se especifica en la ficha técnica del generador se utilizan 4,5 kWh/Nm<sup>3</sup> y se generan a 0°C y 1 bar con esto se realizará una aproximación para el cálculo de los tanques.

$$\text{Cantidad de hidrógeno generado} = \frac{\text{Potencia pico provisionada}}{\text{Potencia utilizada por Nm}^3} \quad (20)$$

$$\text{Cantidad de hidrógeno generado} = \frac{500 \text{ kWp}}{4,5 \text{ kWh/Nm}^3} = 111,11 \text{ Nm}^3/\text{h} \quad (21)$$

Suponiendo un equivalente a una potencia pico máxima durante 8 horas por día se producen 888,89 Nm<sup>3</sup>/día los cuales se esperará la venta de hidrógeno de manera semanal (7 días) produciendo en total 3111,11 Nm<sup>3</sup>/semana.

Para no tener que utilizar un tanque de las dimensiones descritas se comprimirá el gas hasta 60 bares, esto se hará para poder aproximar los cálculos a los de los gases ideales ya que como se puede ver en el gráfico y tabla posterior.

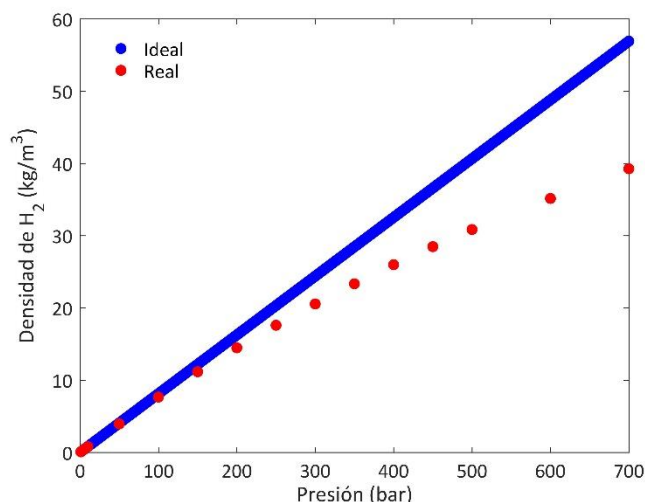


Ilustración 3: gráfica de comparación entre hidrógeno real e ideal (Santiago, 2018)

Presión (bar)	Temperatura (K)						
	250	273.15	298.15	350	400	450	500
1	1.00070	1.00040	1.00060	1.00055	1.00047	1.00041	1.00041
5	1.00337	1.00319	1.00304	1.00270	1.00241	1.00219	1.00196
10	1.00672	1.00643	1.00605	1.00540	1.00484	1.00435	1.00395
50	1.03387	1.03235	1.03037	1.02701	1.02411	1.02159	1.01957
100	1.06879	1.06520	1.06127	1.05369	1.04807	1.04314	1.03921
150	1.10404	1.09795	1.09189	1.08070	1.07200	1.06523	1.05836
200	1.14056	1.13177	1.12320	1.10814	1.09631	1.08625	1.07849
250	1.17789	1.16617	1.15499	1.13543	1.12034	1.10793	1.08764
300	1.21592	1.20101	1.18716	1.16300	1.14456	1.12957	1.11699
350	1.25461	1.23652	1.21936	1.19051	1.16877	1.15112	1.13648
400	1.29379	1.27220	1.25205	1.21842	1.19317	1.17267	1.15588
450	1.33332	1.30820	1.28487	1.24634	1.21739	1.19439	1.17533
500	1.37284	1.34392	1.31784	1.27398	1.24173	1.21583	1.19463
600	1.45188	1.41618	1.38797	1.33010	1.29040	1.25920	1.23373
700	1.53161	1.48880	1.44991	1.38593	1.33914	1.30236	1.27226

Ilustración 4: tabla de factores de corrección dependiendo de la presión y la temperatura (Santiago, 2018)

Utilizando la ley combinada de los gases:

$$\frac{p_1 * V_1}{T_1} = \frac{p_2 * V_2}{T_2} \quad (22)$$

Las variables son:

- $p_1$ : presión inicial (Pa)
- $V_1$ : volumen inicial ( $m^3$ )
- $T_1$ : temperatura inicial (K)
- $p_2$ : presión final (Pa)
- $V_2$ : volumen final ( $m^3$ )
- $T_2$ : temperatura final (K)

Las condiciones iniciales son las ya mencionadas y las finales son una presión de 60 bares o 6000000 Pascales y la temperatura se escogerá la máxima dada en Orihuela en verano 45,5 °C o 318,65 K

$$\frac{100000 * 3111,11}{273,15} = \frac{6000000 * V_2}{318,65} \quad (23)$$

$$V_2 = \frac{100000 * 3111,11 * 318,65}{273,15 * 6000000} = 60,5 \text{ m}^3 \quad (24)$$

Para facilitar el planteamiento en plano y las excavaciones se estima una longitud de 6 metros para cada tanque.

Con todo esto ya se puede calcular el diámetro de este tanque:

$$V = \pi * r^2 * h \quad (25)$$

Las variables son:

- V: volumen del cilindro (m<sup>3</sup>)
- r: radio del cilindro (m)
- h: longitud del cilindro (m)

Despejando para encontrar el radio:

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi * h}} \quad (26)$$

$$r = \sqrt{\frac{60,5}{\pi * 6}} = 1,7915 \text{ m} \quad (27)$$

Para facilitar la búsqueda del tanque y para compensar el error dado por utilizar la ley de los gases perfectos se redondeará al primer decimal y se le sumará 0,1 al resultado dando un total de 1,9 m de radio y dejando un volumen del tanque de 68,05 m<sup>3</sup>.

Con la producción previamente calculada ya se puede estimar la cantidad de agua desionizada necesaria, siendo el gasto de 222 l/h a máxima producción según el fabricante.

Pero esta planta no trabajará a máxima producción, sino que trabajará al 40% de esta ya que el generador está planteado para 1,25 MW mientras que la planta le estará dando 0,5 MWp.

Siendo así un consumo menor, alrededor de 88,8 l/h ó 0,0888 m<sup>3</sup>/h con los cuales se procederá a estimar al igual que con el hidrógeno un máximo uso de 8 horas diarias y de 7 días por renovación dando 4,97 m<sup>3</sup>/semana.

Utilizando la fórmula anterior:

$$r = \sqrt{\frac{4,97}{\pi * 6}} = 0,5135 \text{ m} \quad (28)$$

Para facilitar la búsqueda del tanque y para compensar algún error en las suposiciones se redondeará al primer decimal y se le sumará 0,1 al resultado dando un total de 0,7 m de radio y dejando un volumen del tanque de 9,236 m<sup>3</sup>.

## 2. Cableado

En este apartado se procederá al cálculo tanto de criterio térmico como de caída de tensión y elección de los distintos tipos de cables que posee la planta en los diferentes tramos que son: Seguidor a Caja combinatoria, Caja combinatoria a Inversor e Inversor a Centro de transformación. En todos los tramos enterrados estarán a una profundidad de 0,7 metros.

El método empleado para dimensionar los cableados de corriente continua, está recogido en la norma UNE 20460-5-523 y también en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

Según estas normativas los cables deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la nominal y no pueden superar una caída de tensión de 1,5% en el lado de corriente continua.

$$I_n = 1,25 * I_{mpp} = 1,25 * 18,23 = 22,7875 \text{ A} \quad (29)$$

### 2.1. Tramo I: Seguidor a Caja Combinatoria

Este tramo se puede observar en el plano siendo las líneas de color rojo, las cuales empiezan en una de las hincas de los extremos de los seguidores y llegan a la caja combinatoria ya que los cables que interconectan entre sí los módulos ya están dimensionados y aportados por los productores de estos.



## 1º) Criterio térmico

Para el cálculo se procederá a seguir el REBT y se definirá y explicará en cada caso por qué se ha escogido en cada paso.

Primero se escogerá el material del cable y su aislante para poder tener una primera aproximación que son:

- Material: cobre
- Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC)

Se ha escogido PVC para este proyecto ya que se encuentra en una zona de gran humedad lo que puede llegar a perjudicar las propiedades aislantes del polietileno reticulado (XLPE).

Temperatura de servicio $\Theta_s$ (°C)	Temperatura del terreno, $\Theta_t$ , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1.11	1.07	1.04	1	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
70	1.15	1.11	1.05	1	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67

Ilustración 5: factores de corrección  $F_t$ , para la temperatura del terreno distinto de 25 °C (REBT)

Con el aislamiento escogido ya se puede saber la temperatura de servicio, en este caso por ser PVC la temperatura de servicio es 70°C. Con ello y con la temperatura máxima dada en la zona obtenemos el factor de corrección  $F_t$ . La temperatura máxima es 45,5°C por lo que la temperatura no se encuentra en la tabla. Se podría aproximar a la siguiente temperatura ya que este criterio da a la planta una seguridad, pero no sería eficiente debido a la gran diferencia que existe entre la temperatura dada a la siguiente de la tabla.

Por lo que se llega a la conclusión de que se ha de calcular el factor de corrección  $F_t$  siendo la fórmula dada en REBT:

$$F_t = \sqrt{\frac{\Theta_s - \Theta_t}{\Theta_s - 25}} \quad (30)$$

Las variables son:

- $\Theta_s$ : temperatura de servicio (°C)
- $\Theta_t$ : temperatura del terreno (°C)

$$F_t = \sqrt{\frac{70 - 45,5}{70 - 25}} = 0,7379 \quad (31)$$

Tipo de cable	Resistividad térmica del terreno, en K. m/W											
	0.80	0.85	0.90	1	1.10	1.20	1.40	1.65	2.00	2.50	2.80	
Unipolar	1.09	1.06	1.04	1	0.96	0.93	0.87	0.81	0.75	0.68	0.66	
Tripolar	1.07	1.05	1.03	1	0.97	0.94	0.89	0.84	0.78	0.71	0.69	

Ilustración 6: factores de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1 K\*m/W (REBT)

Resistividad térmica del terreno (K.m/W)	Naturaleza del terreno y grado de humedad
0,40	Inundado
0,50	Muy húmedo
0,70	Húmedo
0,85	Poco húmedo
1,00	Seco
1,20	Arcilloso muy seco
1,50	Arenoso muy seco
2,00	De piedra arenisca
2,50	De piedra caliza
3,00	De piedra granítica

Ilustración 7: tabla de resistividades según terrenos (REBT)

La resistividad térmica del terreno se ha de realizar mediante inspección visual y se llega a la conclusión de que es un terreno húmedo debido a la cercanía a campos de cultivo y a un río, pero esto podría cambiar a lo largo del tiempo entonces se utilizará un criterio más conservador que dirá que se es un terreno seco con una resistividad térmica de 1 K\*m/W dando así un  $F_r = 1$

Separación entre los cables o ternas	Factor de corrección							
	Número de cables o ternas de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
D=0 (en contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d= 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,50
d= 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d= 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d= 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d= 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62

Ilustración 8: factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares (REBT)

Por último, se obtiene el factor de corrección  $F_a$  el cuál se obtiene del conjunto que se puede observar en el plano N°3 "Distribución de cables" siendo este un máximo de 4 cables en contacto. ( $F_a = 0,64$ )

Ya sabiendo todos los factores de corrección se puede calcular la intensidad ( $I_1$ ) para la selección del diámetro.

$$I_1 = \frac{I_n}{F_a * F_t * F_r} \quad (32)$$

$$I_1 = \frac{22,7875}{1 * 0,64 * 0,7379} = 48,2524 \text{ A} \quad (33)$$

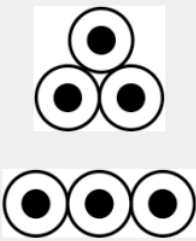

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Ilustración 9: tabla de secciones de cables de cobre para diferentes intensidades normalizadas (REBT)

Con esta intensidad se puede utilizar una sección de 6 mm<sup>2</sup> (63 A > 48,2524 A)

## 2º) Criterio de caída de tensión

Tras calcular una sección mediante el criterio térmico está se tendrá que comprobar mediante el criterio de caída de tensión y si no se cumple aumentar dicha sección.

Como ya se ha mencionado anteriormente en el REBT se exige que las plantas solares fotovoltaicas que no haya una caída de tensión superior al 1,5%. Ya que existen dos tramos en el lado de corriente continua es necesario que haya una caída de tensión inferior al total, entonces se buscará una caída de tensión alrededor del 0,5%.

También hay que darse cuenta que no es necesario buscar cada cable que conecta a la caja combinatoria sino el de mayor longitud pues será el caso mayor caída de tensión ya que la fórmula de la caída de tensión depende en gran medida es:

$$\Delta U (\%) = \frac{2 * I_n * \rho_c * L}{S * U} * 100 \quad (34)$$

Las variables son:

- $\Delta U$  : diferencia de tensión (%)
- $U$  : tensión dada por un seguidor [ $V_{mpp} * 22$ ] (V)
- $I_n$  : intensidad nominal mayorada 125% (A)
- $\rho_c$  : resistividad del cobre a la temperatura de servicio [70°C] siendo una constante de valor 0,02063 ( $\Omega * mm^2 / m$ )
- $L$  : longitud del cable (m)
- $S$  : sección del cable ( $mm^2$ )

Grupo	Longitud (m)	Longitud mayorada (m) [Longitud * 110%]	Caída de tensión con 6 mm <sup>2</sup> (%)
Seguidor a CB1	21,9612	24,15732	0,53838624
Seguidor a CB2	31,6728	34,84008	0,7764694
Seguidor a CB3	32,0713	35,27843	0,78623877
Seguidor a CB4	37,3493	41,08423	0,91563072
Seguidor a CB5	41,9336	46,12696	1,02801639
Seguidor a CB6	35,9555	39,55105	0,88146124
Seguidor a CB7	28,9176	31,80936	0,70892474
Seguidor a CB8	38,6296	42,49256	0,94701771

Tabla 1: caídas de tensión para secciones de 6 mm<sup>2</sup> por caja combinatoria de CC (elaboración propia)

Los grupos están asignados a las cajas combinatorias (CB para no confundir con CC [corriente continua]) siendo el orden dado de izquierda a derecha y de arriba abajo.

Como se observa en la tabla en algunos grupos se está muy lejos de tener una caída de tensión cercana a 0,5%. Hay que aumentar la sección por lo que se probará con la siguiente en la tabla siendo esta 10 mm<sup>2</sup>.

Grupo	Longitud (m)	Longitud mayorada (m) [Longitud * 110%]	Caída de tensión con 10 mm <sup>2</sup> (%)
Seguidor a CB1	21,9612	24,15732	0,32303175
Seguidor a CB2	31,6728	34,84008	0,46588164
Seguidor a CB3	32,0713	35,27843	0,47174326
Seguidor a CB4	37,3493	41,08423	0,54937843
Seguidor a CB5	41,9336	46,12696	0,61680983
Seguidor a CB6	35,9555	39,55105	0,52887675
Seguidor a CB7	28,9176	31,80936	0,42535485
Seguidor a CB8	38,6296	42,49256	0,56821062

Tabla 2: caídas de tensión para secciones de 10 mm<sup>2</sup> por caja combinatoria de CC (elaboración propia)

Siendo los valores más cercanos a lo buscado se puede dar por finalizado este apartado con una sección de 10 mm<sup>2</sup>.

## 2.2. Tramo II: Caja Combinatoria a Inversor

Este tramo se puede observar en el plano siendo las líneas de color azul, las cuales empiezan en la caja combinatoria y llegan a los inversores.

### 1º) Criterio térmico

Para el cálculo se procederá a seguir el REBT y se definirá y explicará en cada caso por qué se ha escogido en cada paso.

Primero se escogerá el material del cable y su aislante para poder tener una primera aproximación que son:

- Material: aluminio
- Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC)

Se ha escogido PVC para este proyecto ya que se encuentra en una zona de gran humedad lo que puede llegar a perjudicar las propiedades aislantes del polietileno reticulado (XLPE).

Se ha cambiado el material a utilizar en el cableado puesto el aluminio es mucho más económico que el cobre, aunque este último sea mucho mejor en conductividad.

Utilizando las tablas de las ilustraciones 17, 18, 19 se obtiene el factor de corrección  $F_a$  el cuál se obtiene del conjunto que se puede observar en el plano N°3 “Distribución del cableado” siendo este un máximo de 5 cables a una distancia de 0,20 m siendo  $F_a = 0,70$ .

Como se ha explicado en el apartado anterior se utilizará un factor corrector debido a la temperatura y de resistividad térmica del terreno de:

- $F_t = 0,7379$
- $F_r = 1$

Ya sabiendo todos los factores de corrección se puede calcular la intensidad ( $I_1$ ) para la selección del diámetro. Pero en este caso tenemos 3 intensidades diferentes como se puede observar en el plano N°3 “distribución de cableado” dando así:

$$I_1 = \frac{n^{\circ} \text{ de seguidores} * I_n}{F_a * F_t * F_r} \quad (35)$$

$$I_{11} = \frac{12 * 22,7875}{1 * 0,70 * 0,7379} = 529,398 A \quad (36)$$

$$I_{12} = \frac{11 * 22,7875}{1 * 0,70 * 0,7379} = 485,282 A \quad (37)$$

$$I_{13} = \frac{6 * 22,7875}{1 * 0,70 * 0,7379} = 264,699 A \quad (38)$$

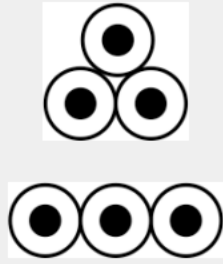

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	-	-	-
630	690	680	600	-	-	-

Ilustración 10: tabla de secciones de cables de aluminio para diferentes intensidades normalizadas (REBT)

Utilizando la intensidad de mayor valor (la de 12 seguidores por caja combinatoria) se hace imposible escoger un cable único que soporte dicha potencia. Por lo que habrá que utilizar más de un cable.

El cambio empezará por 2 cables por caja combinatoria siendo así habrá que cambiar el factor de corrección  $F_a$  dejando un máximo de cables de 10 cables a una distancia de 0,20 m siendo  $F_a = 0,62$ .

$$I_1 = \frac{n^{\circ} \text{ de seguidores} * I_n}{F_a * F_t * F_r * n^{\circ} \text{ de cables por caja combinatoria}} \quad (39)$$

$$I_1 = \frac{12 * 22,7875}{1 * 0,62 * 0,7379 * 2} = 298,85 \text{ A} \quad (40)$$

Se utilizarán 2 cables de 185 mm<sup>2</sup> (325 A > 298,85 A).

## 2º) Criterio de caída de tensión

Tras calcular una sección mediante el criterio térmico está se tendrá que comprobar mediante el criterio de caída de tensión y si no se cumple aumentar dicha sección.

Como ya se ha mencionado anteriormente en el REBT se exige que las plantas solares fotovoltaicas que no haya una caída de tensión superior al 1,5%. Ya que existen dos tramos en el lado de corriente continua es necesario que haya una caída de tensión inferior al total.

En este caso hay que calcular todos los casos de diferentes intensidades:

$$\Delta U (\%) = \frac{2 * n^{\circ} \text{ de seguidores} * I_n * \rho_a * L}{S * U * n^{\circ} \text{ de cables}} * 100 \quad (41)$$

Las variables son:

- $\Delta U$  : diferencia de tensión (%)
- $U$  : tensión dada por un seguidor [ $V_{mpp} * 22$ ] (V)
- $I_n$  : intensidad nominal mayorada 125% (A)
- $\rho_a$  : resistividad del aluminio a la temperatura de servicio [70°C] siendo una constante de valor 0,03623 ( $\Omega * \text{mm}^2 / \text{m}$ )
- $L$  : longitud del cable (m)
- $S$  : sección del cable (mm<sup>2</sup>)

Grupo	Longitud (m)	Longitud mayorada (m) [Longitud * 110%]	Caída de tensión con 185 mm <sup>2</sup> (%)
CB1 a Inversor 1	56,1515	61,76665	0,26787367
CB2 a Inversor 1	31,78	34,958	0,15160815
CB3 a Inversor 1	81,0189	89,12079	0,3865049
CB4 a Inversor 1	12,8874	14,17614	0,06148002
CB5 a Inversor 2	12,7393	14,01323	0,0607735
CB6 a Inversor 2	36,4299	40,07289	0,17379074
CB7 a Inversor 2	62,9159	69,20749	0,30014359
CB8 a Inversor 2	77,2234	84,94574	0,36839827

Tabla 3: caída de tensión hasta los inversores con una sección de 185 mm<sup>2</sup> (elaboración propia)

Los grupos están asignados a las cajas combinatorias (CB para no confundir con CC [corriente continua]) siendo el orden dado de izquierda a derecha y de arriba abajo y los inversores están asignados de izquierda a derecha.

Por último, hay que comprobar que la caída de tensión no supere el 1,5%. En este caso la caída de tensión es una suma directa de sus caídas ya que se encuentra en una situación meramente resistiva por ser corriente continua y no produciéndose así inductividad.

Grupo 1	Grupo 2	Caída de tensión total (%)
Seguidor a CB1	CB1 a Inversor 1	0,59090541
Seguidor a CB2	CB2 a Inversor 1	0,61748979
Seguidor a CB3	CB3 a Inversor 1	0,85824816
Seguidor a CB4	CB4 a Inversor 1	0,61085845
Seguidor a CB5	CB5 a Inversor 2	0,67758333
Seguidor a CB6	CB6 a Inversor 2	0,70266749
Seguidor a CB7	CB7 a Inversor 2	0,72549844
Seguidor a CB8	CB8 a Inversor 2	0,93660889

*Tabla 4: comprobación de la caída de tensión total (elaboración propia)*

Como se puede observar en el peor de los casos la caída de tensión es 0,9366% lo que queda muy por debajo del 1,5% limitador del REBT.

También se hubiera podido ajustar la sección de manera individual a cada caso tanto de seguidor como de caja combinatoria siendo este esfuerzo innecesario puesto que hacerlo significaría una tarea de cálculos y búsqueda de información para cada caso y una gran dificultad para el mantenimiento futuro de la planta teniendo que comprar materiales de diferentes.

### 2.3. Tramo III: Inversor a Centro de Transformación

En este tramo solo se comprobará el criterio térmico debido a la cercanía existente entre los inversores y el centro de transformación.

En este caso la idea es meter tanto el centro de Transformación como los dos inversores en el interior de una caseta por lo que no hará falta enterrarlos, sino que irán por las paredes de está.

Primero se escogerá el material del cable y su aislante para poder tener una primera aproximación que son:

- Material: cobre
- Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE)



En este caso sí se escogerá XLPE debido a que estará en un lugar cerrado lo que permite que no se humedezca y por lo tanto se pierdan sus propiedades aislantes. También se ha escogido cobre debido a la corta distancia que ha de recorrer y a la reducción considerable de sección que proporcionará.

La intensidad nominal de salida del inversor es 1100 A y mediante la utilización de las siguientes tablas:

$$I_n = 1,25 * I_{inv} = 1,25 * 1100 = 1375 A \quad (42)$$

Temperatura de servicio $\Theta_s$ en °C	Temperatura ambiente, $\Theta_a$ , en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1	0.95	0.90	0.84	0.77
70	1.41	1.35	1.29	1.22	1.15	1.08	1	0.91	0.81	0.71	0.58

Ilustración 11: coeficiente de corrección  $F$  para temperatura ambiente distinta de 40 °C (REBT)

Al igual que en los casos anteriores se calculará mediante la fórmula dada para estos casos:

$$F_t = \sqrt{\frac{\Theta_s - \Theta_t}{\Theta_s - 40}} \quad (43)$$

Las variables son:

- $\Theta_s$ : temperatura de servicio (°C)
- $\Theta_t$ : temperatura del terreno (°C)

$$F_t = \sqrt{\frac{70 - 45,5}{70 - 40}} = 0,9037 \quad (44)$$

También se escogerá la forma en la que están suspendidos en la pared, en este proyecto se ha escogido el uso de las bandejas perforadas verticales espaciados.

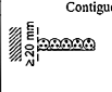
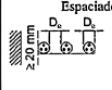
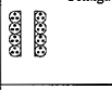
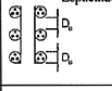


Tipo de instalación		Nº de circuitos trifásicos (1)							
		Nº de bandejas	1	2	3	4	6	9	
Bandejas perforadas (2)	 Contiguas	1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75	
		2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	
	 Espaciadas	1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	-	
		2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	-	
		3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	-	
Bandejas verticales perforadas (3)	 Contiguas	1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	
		2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70	
	 Espaciadas	1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	-	
		2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	-	
	Bandejas escalera, soportes, etc. (2)	 Contiguas	1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
			2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
3			1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	
 Espaciadas		1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	
		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	-	
		3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	-	

Ilustración 12: factor de corrección dependiendo del método de instalación (REBT)

Siendo la intensidad de salida del inversor tan elevada se probará con 3 cables. Por lo que escogiendo una bandeja perforada vertical distanciada da  $F_r=0,9$ .

$$I_1 = \frac{I_{inv}}{F_t * F_r * n^{\circ} \text{ de cables por inversor}} \quad (45)$$

$$I_1 = \frac{1375}{0,9037 * 0,9 * 3} = 563,5269 \text{ A} \quad (46)$$

Con la intensidad calculada se justifica mediante la ilustración 21 la elección siendo la sección de  $400 \text{ mm}^2$  y el uso de 3 cables. ( $645 \text{ A} > 563,53 \text{ A}$ )

### 3. Protecciones

En este apartado justificaremos mediante cálculo el uso de los fusibles e interruptores seccionadores de la planta en los diferentes tramos y por último se justificará la puesta a tierra.

Lo tramos serán los mismos que la selección de cableado añadiendo a esto la protección del Centro de transformación a la red de media tensión.

### 3.1. Tramo I: Seguidor a Caja Combinatoria

En este tramo se pondrán fusibles por línea, los fusibles se colocarán dentro de la caja combinatoria.

Los fusibles serán de la categoría gPV, con las medidas de 10 x 85 mm y con un máximo de 30 kA de poder de corte.

Con esta información se calcularán los fusibles necesarios mediante la norma IEC 60269-6/2010 (Fusibles de baja tensión. Parte 6: Requisitos suplementarios para los cartuchos fusibles utilizados para la protección de sistemas de energía solar fotovoltaica) que rige la clase gPV.

Para aplicar los siguientes cálculos estos tienen que aplicarse a todo equipo de los grupos fotovoltaicos que tengan tensiones nominales iguales o inferiores a 1500 Vcc.

En la norma vienen especificados los cálculos que han de considerarse para realizar las especificaciones, estos son:

$$U_e \geq 1,2 * N^{\circ} \text{ de módulos por cadena} * V_{oc,STC} \quad (47)$$

$$I_n \geq 1,4 * I_{SC} \quad (48)$$

Las variables son:

- $U_e$  : tensión designada al fusible (V)
- $V_{oc,STC}$  : tensión del módulo en vacío en condiciones STC (V)  
[STC: siglas en inglés de Condiciones Estándares de Medida]
- $I_n$  : intensidad designada al fusible (A)
- $I_{SC}$  : intensidad del módulo en cortocircuito (A)

Ahora que ya se saben los cálculos exigidos por la norma, se procede a indicar lo necesaria para este proyecto:

$$U_e \geq 1,2 * 22 * 38,32 = 1011,648 \text{ V} \quad (49)$$

$$I_n \geq 1,4 * 18,23 = 25,522 \text{ A} \quad (50)$$

Además de esta información, hay que comprobar la máxima intensidad de corte necesaria en el peor caso de todos, este caso sería el fallo de una rama:

$$I_{max} = (N^{\circ} \text{ de ramas en paralelo} - 1) * I_{SC} \quad (51)$$

Las variables son:

- $I_{max}$  : intensidad máxima de cortocircuito (A)
- $I_{SC}$  : intensidad del módulo en cortocircuito (A)

$$I_{max} = (83 - 1) * 18,23 = 1494,86 A \quad (52)$$

Con toda la información ya se puede escoger un fusible:

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	30 A
Poder de corte	20 kA

Tabla 5: especificaciones fusible módulos (elaboración propia)

Además de esta protección la caja combinatoria viene equipada con descargador de sobretensiones de Tipo I + II, esto significa que se han ensayado simulando los efectos de una descarga directa de rayo (Tipo I) y también simulando los efectos secundarios del rayo ya sean conducción, inducción y elevación del potencial del terreno (Tipo II).

Serán necesarios el doble de fusibles que, de ramas, esto es debido a que todas las ramas tienen los cables de positivo y negativo. Siendo así tiene que haber un total de 166 de fusibles.

Además de los fusibles en cada rama existirá un interruptor seccionador en cada caja combinatoria para protección y mayoritariamente para el uso de mantenimiento de la planta en total 8 interruptores seccionadores.

Para la selección de los interruptores ya sabemos la tensión designada, pero hay que calcular:

$$I_n \geq N^{\circ} \text{ de ramas por caja} * I_{SC} \quad (53)$$

$$I_{max} = (N^{\circ} \text{ de ramas en paralelo} - N^{\circ} \text{ de ramas por caja}) * I_{SC} \quad (54)$$

Las variables son:

- $I_n$  : intensidad designada al fusible (A)
- $I_{SC}$  : intensidad del módulo en cortocircuito (A)
- $I_{max}$  : intensidad máxima de cortocircuito (A)
- $I_{SC}$  : intensidad del módulo en cortocircuito (A)

Hay que contemplar que existen tres clases de conexiones a caja dependiendo del n° de ramas por caja, estos son 12, 11 o 6 ramas

Con 12 ramas (cantidad 5):

$$I_n \geq 12 * 18,23 = 218,76 A \quad (55)$$

$$I_{max} = (83 - 12) * 18,23 = 1294,33 A \quad (56)$$

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	250 A
Poder de corte	10 kA

Tabla 6: especificaciones interruptor seccionador para 12 módulos (elaboración propia)

Con 11 ramas (cantidad 1):

$$I_n \geq 11 * 18,23 = 200,53 A \quad (57)$$

$$I_{max} = (83 - 11) * 18,23 = 1312,56 A \quad (58)$$

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	250 A
Poder de corte	10 kA

Tabla 7: especificaciones interruptor seccionador para 11 módulos (elaboración propia)

Con 6 ramas (cantidad 2):

$$I_n \geq 6 * 18,23 = 109,38 A \quad (59)$$

$$I_{max} = (83 - 6) * 18,23 = 1403,71 A \quad (60)$$

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	125 A
Poder de corte	10 kA

Tabla 8: especificaciones interruptor seccionador para 6 módulos (elaboración propia)

### 3.2. Tramo II: Caja Combinatoria a Inversor

En este tramo se utilizarán únicamente fusibles con sus respectivos portafusibles independientes a la instalación para proteger la entrada del inversor ya que es la zona donde se concentrarán todos los cables de salida de las cajas combinatorias.

Al igual que los fusibles de la caja combinatoria se hará uso de las ecuaciones aportadas por la norma IEC 60269-6/2010. Existiendo los mismos tres casos ya mencionados que son: 12, 11 o 6 ramas.

$$U_e \geq 1,2 * 22 * 38,32 = 1011,648 V \quad (61)$$

Con 12 ramas (cantidad 10):

$$I_n \geq 1,4 * 12 * 18,23 = 306,264 A \quad (62)$$

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	315 A
Poder de corte	30 kA

Tabla 9: especificaciones fusibles inversor 12 módulos (elaboración propia)

Con 11 ramas (cantidad 2):

$$I_n \geq 1,4 * 11 * 18,23 = 280,742 A \quad (62)$$

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	315 A
Poder de corte	30 kA

Tabla 10: especificaciones fusibles inversor 11 módulos (elaboración propia)

Con 6 ramas (cantidad 4):

$$I_n \geq 1,4 * 12 * 18,23 = 153,132 A \quad (62)$$

Tensión asignada	1500 V <sub>cc</sub>
Intensidad nominal	160 A
Poder de corte	30 kA

Tabla 11: especificaciones fusibles inversor 6 módulos (elaboración propia)

Además de estas protecciones los inversores poseen descargadores de sobretensiones a ambos lados, entrada y salida del inversor quedando protegido.

### 3.3. Tramo III: Inversor a Centro de Transformación

Este tramo es el primero que ya se encuentra en corriente alterna dejando de aplicarse la norma IEC 60269-6/2010.

Por lo que lo primero que se debería calcular es la corriente de cortocircuito esperada en el lado de baja tensión, el cálculo es:

$$I_{cc} = \frac{U_{nT}}{\sqrt{3} * Z_K} \quad (63)$$

Las variables son:

- $I_{cc}$  : intensidad de cortocircuito en el lado de baja tensión (A)
- $U_{nT}$  : tensión nominal secundaria del transformador (V)
- $Z_K$  : impedancia de defecto del circuito ( $\Omega$ )

Para calcular  $Z_K$  se ha de calcular  $Z_L$  y  $Z_{cc}$  siendo la impedancia equivalente de la red referida al secundario del transformador y la impedancia del transformador respectivamente.

Primero se calculará la impedancia equivalente de la red referida al secundario del transformador sabiendo previamente que la potencia de cortocircuito en la red de distribución de Iberdrola es 350 MVA y con unas componentes resistiva e inductiva de la caída de tensión en cortocircuito del valor de 1% y 6% respectivamente.

Con esta información ya se puede calcular:

$$Z_L = 1,1 * \frac{U_{nT}^2}{1000 * S_K''} \quad (64)$$

$$X_L = 0,995 * Z_L \quad (65)$$

$$R_L = 0,1 * Z_L \quad (66)$$

Las variables son:

- $Z_L$  : impedancia equivalente de la red referida al secundario del transformador ( $m\Omega$ )
- $U_{nT}$  : tensión nominal secundaria del transformador (V)
- $S_K''$  : potencia de cortocircuito de la red distribuidora (MVA)
- $X_L$  : reactancia del transformador ( $m\Omega$ )
- $R_L$  : resistencia del transformador ( $m\Omega$ )

$$Z_L = 1,1 * \frac{420^2}{1000 * 350} = 0,5544 \text{ m}\Omega \quad (64)$$

$$X_L = 0,995 * 0,5544 = 0,551628 \text{ m}\Omega \quad (65)$$

$$R_L = 0,1 * 0,5544 = 0,05544 \text{ m}\Omega \quad (66)$$

Seguidamente se calculará la impedancia del transformador:

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc}}{100} * \frac{U_{nT}^2}{S_{nT}} \quad (67)$$

$$X_{cc} = \frac{\varepsilon_{Xcc}}{100} * \frac{U_{nT}^2}{S_{nT}} \quad (68)$$

$$Z_{cc} = \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2} \quad (69)$$

Las variables son:

- $R_{cc}$  : resistencia del transformador ( $m\Omega$ )
- $X_{cc}$  : reactancia del transformador ( $m\Omega$ )
- $Z_{cc}$  : impedancia equivalente de la red referida al secundario del transformador ( $m\Omega$ )
- $U_{nT}$  : tensión nominal secundaria del transformador (V)
- $S_{nT}$  : potencia nominal del transformador (kVA)
- $\varepsilon_{Rcc}$  : componente resistiva de la caída de tensión en cortocircuito (%)
- $\varepsilon_{Xcc}$  : componente inductiva de la caída de tensión en cortocircuito (%)

$$R_{cc} = \frac{1}{100} * \frac{420^2}{1000} = 1,764 \text{ m}\Omega \quad (67)$$

$$X_{cc} = \frac{6}{100} * \frac{420^2}{1000} = 10,584 \text{ m}\Omega \quad (68)$$

$$Z_{cc} = \sqrt{1,764^2 + 10,584^2} = 10,73 \text{ m}\Omega \quad (69)$$

Por último, se calculará la impedancia de defecto del circuito:

$$R_K = R_{cc} + R_L \quad (67)$$

$$X_K = X_{cc} + X_L \quad (68)$$

$$Z_K = \sqrt{R_K^2 + X_K^2} \quad (69)$$

Las variables son:

- $R_{cc}$  : resistencia del transformador ( $m\Omega$ )
- $X_{cc}$  : reactancia del transformador ( $m\Omega$ )
- $Z_{cc}$  : impedancia equivalente de la red referida al secundario del transformador ( $m\Omega$ )



- $R_L$  : resistencia del transformador ( $m\Omega$ )
- $X_L$  : reactancia del transformador ( $m\Omega$ )
- $Z_L$  : impedancia equivalente de la red referida al secundario del transformador ( $m\Omega$ )
- $R_{cc}$  : resistencia de defecto del circuito ( $m\Omega$ )
- $X_{cc}$  : reactancia de defecto del circuito ( $m\Omega$ )
- $Z_{cc}$  : impedancia de defecto del circuito ( $m\Omega$ )

$$R_K = 1,764 + 0,05544 = 1,81944 \text{ m}\Omega \quad (70)$$

$$X_K = 10,584 + 0,551628 = 11,135628 \text{ m}\Omega \quad (71)$$

$$Z_K = \sqrt{1,81944^2 + 11,135628^2} = 11,283287 \text{ m}\Omega \quad (72)$$

Ahora ya se puede calcular la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{420}{\sqrt{3} * 11,283287} = 21,4908 \text{ kA} \quad (73)$$

Esta intensidad será la mínima que deberán soportar los fusibles mediante el poder de corte.

Tensión asignada	600 V <sub>ca</sub>
Intensidad nominal	1100 A
Poder de corte	200 kA

Tabla 12: especificaciones fusibles transformador (elaboración propia)

Los fusibles se colocarán para la máxima seguridad a la entrada del devanado de baja tensión y no a la salida de los inversores. Se necesitará un fusible por cable.

### 3.4. Tramo IV: Centro de Transformación a Red de media tensión

El centro de transformación será de carácter modular y poseerá la siguiente serie de módulos:

- Celda de salida de energía del centro a la red
- Celda de protección
- Celda de medida

En este apartado se trabará la celda de protección, el que se calculará el uso de un interruptor automático siendo este lo único necesario y siendo lo normal, esto solo se podría comparar con un interruptor de carga y un fusible.

Al igual que en el lado de baja, en el lado de alta también es necesario el cálculo de la intensidad de cortocircuito.

$$I_{cc} = \frac{S_k''}{\sqrt{3} * U_{1N}} \quad (74)$$

Las variables son:

- $I_{cc}$  : intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión (A)
- $U_{1N}$  : tensión nominal secundaria del transformador (kV)
- $S_k''$  : potencia de cortocircuito de la red distribuidora (MVA)

$$I_{cc} = \frac{350}{\sqrt{3} * 20} = 10,1037 \text{ kA} \quad (75)$$

Con este cálculo y con la norma UNE-EN IEC 62271-100: Aparata de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna.

Donde se dan las especificaciones comunes de gran importancia:

- Tensión nominal: 24 kV
- Intensidad nominal: 400, 630, 1250 A
- Nivel de aislamiento, indicando la tensión que se soporta entre fases y entra fases y tierra, en ensayos de escasa duración a una frecuencia de 50 Hz durante un tiempo de 1 minuto de 50 kV y a impulso en forma de rayo de 125 kV.
- Intensidad de breve duración (1 segundo):  $I_{n, th}$  entre 16, 25 kA.
- Intensidad de pico o cresta:  $I_{n, p}$  entre 40, 67 kA.
- Poder de corte nominal, a 20 kV:  $I_{n, c}$  depende del tipo de aparato.
- Poder de cierre nominal: 50 kA.
- Tiempo total de corte: Entre 50 y 60 ms.

## 4. Puesta a Tierra

Para poder comenzar con este apartado, se han de definir una serie de conceptos no utilizados hasta el momento, los cuales son:

- Puesta a tierra es la unión eléctrica, sin fusibles ni protección alguna, de una parte, del circuito eléctrico (normalmente del punto neutro) o de una parte conductora no perteneciente al mismo, con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, cuyo objetivo es conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y al mismo tiempo permitir el paso a tierra de corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico. (Roger Folch et al., 2021)

- Masa que es cualquier parte conductora accesible de un aparato o instalación eléctrica, que es susceptible de ser puesta bajo tensión como consecuencia de un fallo en las disposiciones tomadas para su aislamiento. (Roger Folch et al., 2021)
- Elemento conductor es cualquier objeto metálico susceptible de propagar un potencial, situado en las proximidades de una instalación eléctrica pero no perteneciente a ella. (Roger Folch et al., 2021)

En este apartado existirá dos localizaciones de puesta a tierra, estas serán:

- La planta fotovoltaica
- Centro de transformación

Esto es así ya que por el apartado 18 del REBT se tendrá que verificar la separación de las puestas a tierra de las masas de la instalación y de las masas del centro de transformación. Aunque en este caso se comprobará si es posible su unión mediante los cálculos aportados para la excepción de la separación de la instalación y del centro de transformación

#### 4.1. Resistencia de puesta a tierra de las masas de baja tensión ( $R_a$ )

Para la puesta a tierra de las masas de baja tensión se utilizarán los siguientes materiales:

- Picas de acero recubierto de cobre de 2 metros de longitud y diámetro de 14 mm<sup>2</sup>
- Conductor de cobre desnudo de 35mm<sup>2</sup> de sección

Con los materiales ya dichos se procede a realizar los cálculos de la resistencia que se aproximara a una red mallado debido a la distribución de la planta.

$$R_a = R_{malla} = \frac{\rho}{4 * \sqrt{\frac{S}{\pi}}} + \frac{\rho}{L} \quad (76)$$

Las variables son:

- $R_a$  : resistencia de puesta a tierra de las masas de baja tensión ( $\Omega$ )
- $\rho$  : resistividad del terreno ( $\Omega * m$ )
- $S$  : área del mallado ( $m^2$ )
- $L$  : longitud del cableado de la puesta a tierra (m)

El área del mallado es 19791,8036 m<sup>2</sup> y una longitud de cableado es 6492,788 m.

Por último, resistividad del terreno tendrá que ser aproximada mediante tablas del REBT e inspección visual pero la resistividad del terreno es un dato que se tendría que

determinar en detalle a partir de su propio estudio en la unidad geológica de la zona de implantación.

Con la siguiente tabla se puede aproximar la resistividad del terreno a  $50 \Omega \cdot m$  ya que es un terreno usado hasta el momento para la agricultura y cercano a un río.

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad Ohm.m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Ilustración 13: tabla de resistividades según terreno (REBT)


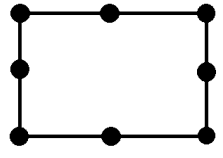
Con todos los datos se calcula:

$$R_a = \frac{50}{4 * \sqrt{\frac{19791,8036}{\pi}}} + \frac{50}{6492,788} = 0,165187 \Omega \quad (77)$$

#### 4.2. Resistencia de puesta a tierra de las masas del centro de transformación (Rc)

Para este cálculo se hará uso de la siguiente tabla:

Parámetros característicos de un electrodo en forma de anillo rectangular de 4 x 3 m (sección del conductor = 50 mm<sup>2</sup>; diámetro de las picas = 14 mm; L<sub>p</sub>: longitud de las picas (m))

Profundidad: 0,5 m				
Configuración	L <sub>p</sub> (m)	Resistencia k <sub>r</sub>	Tensión de paso k <sub>p</sub>	Tensión de contacto ext. k <sub>c</sub> =k <sub>p(acc)</sub>
Sin picas	-	0,137	0,0287	0,0858
4 picas	2	0,100	0,0231	0,0858
	4	0,080	0,0178	0,0355
	6	0,067	0,0143	0,0270
	8	0,058	0,0119	0,0217
8 picas	2	0,088	0,0200	0,0402
		4	0,067	0,0143
6		0,055	0,0110	0,0179

	8	0,047	0,0089	0,0137
--	---	-------	--------	--------

Tabla 13: resistencia según la disposición de las picas a 0,5 metros (Roger Folch et al., 2021)

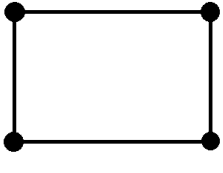
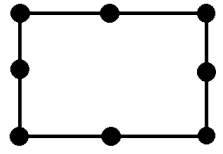
Profundidad: 0,8 m				
Configuración	$L_p$ (m)	Resistencia $k_r$	Tensión de paso $k_p$	Tensión de contacto ext. $k_c=k_{p(acc)}$
Sin picas	-	0,131	0,0200	0,0816
4 picas	2	0,096	0,0160	0,0491
	4	0,077	0,0124	0,0347
	6	0,065	0,0101	0,0260
	8	0,056	0,0084	0,0214
8 picas	2	0,084	0,0143	0,0389
	4	0,065	0,0104	0,0247
	6	0,054	0,0081	0,0178
	8	0,046	0,0066	0,0138

Tabla 14: resistencias según la disposición de las picas a 0,8 metros (Roger Folch et al., 2021)

$$k_r (\Omega / \Omega * m); k_p, k_c=k_{p(acc)} (V/\Omega * m)$$

Para la puesta a tierra de las masas del centro de transformación se utilizarán los siguientes materiales:

- Picas de acero recubierto de cobre de 2 metros de longitud y diámetro de 14 mm<sup>2</sup>
- Conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección

Utilizando así las mismas picas que en las masas de baja tensión facilitando la construcción de la planta con una configuración de 8 picas a una profundidad de 0,8 metros.

Resistencia de puesta a tierra de las masas del centro de transformación:

$$R_c = k_r * \rho \quad (78)$$

Las variables son:

- $R_c$  : resistencia de puesta a tierra del centro de transformación ( $\Omega$ )

- $k_r$  : resistencia ( $\Omega / \Omega * m$ )
- $\rho$  : resistividad del terreno ( $\Omega * m$ )

$$R_c = 0,084 * 50 = 4,2 \Omega \quad (79)$$

### 4.3. Unión de puestas a tierra

Para poder eximir a la planta de la separación de la puesta a tierra de baja tensión y la puesta a tierra del centro de transformación se plantea según el REBT, donde se pide que la tensión de defecto sea menor de la tensión de contacto máximo aplicada ( $V_d < U_{c,adm}$ ).

Siendo la tensión de defecto:

$$V_d = I_d * R_t \quad (80)$$

Las variables son:

- $V_d$  : tensión de defecto (V)
- $I_d$  : corriente de defecto (A)
- $R_t$  : resistencia de puesta a tierra común ( $\Omega$ )

Antes de realizar este cálculo se han de calcular tanto las variables y además la tensión de contacto máximo aplicada.

Primero se calculará la resistencia de puesta a tierra común ya que la corriente de defecto dependa de esta.

El cálculo se realizará considerando las resistencias en paralelo:

$$R_t = \frac{R_a * R_c}{R_a + R_c} \quad (81)$$

Las variables son:

- $R_t$  : resistencia de puesta a tierra común ( $\Omega$ )
- $R_a$  : resistencia de puesta a tierra de las masas de baja tensión ( $\Omega$ )
- $R_c$  : resistencia de puesta a tierra del centro de transformación ( $\Omega$ )

$$R_t = \frac{0,165187 * 4,2}{0,165187 + 4,2} = 0,15894 \Omega \quad (82)$$

Ya con la resistencia de puesta a tierra común se puede calcular la corriente de defecto siendo el cálculo:

$$I_d = \frac{U_{2N}}{\sqrt{3} * \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (83)$$

Las variables son:

- $I_d$  : corriente de defecto (A)
- $U_{2N}$  : tensión compuesta de servicio de red (V)
- $R_t$  : resistencia de puesta a tierra común ( $\Omega$ )
- $R_n$  : resistencia de puesta a tierra de la red de distribución ( $\Omega$ )
- $X_n$  : reactancia de puesta a tierra de la red de distribución ( $\Omega$ )

Siendo 0  $\Omega$  y 25  $\Omega$  una aproximación de los valores de la resistencia y la reactancia de puesta a tierra de la red de distribución respectivamente, en este caso Iberdrola.

$$I_d = \frac{20000}{\sqrt{3} * \sqrt{(0 + 0,15894)^2 + 25^2}} = 461,871 \text{ A} \quad (84)$$

Con esto ya se puede calcular la tensión de defecto:

$$V_d = 461,871 * 0,15894 = 73,4098 \text{ V} \quad (85)$$

Ahora se procederá a calcular la tensión de contacto máximo aplicada para poder realizar la comparación.

$$U_{c,adm} = U_{ca,adm} * \left(1 + \frac{1,5 * \rho}{1000} + \frac{0,5 * R_z}{1000}\right) \quad (86)$$

Las variables son:

- $U_{c,adm}$  : tensión de contacto admisible (V)
- $U_{ca,adm}$  : tensión de contacto aplicada admisible (V)
- $\rho$  : resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ )
- $R_z$  : resistencia de del calzado ( $\Omega$ )

Para obtener la tensión de contacto aplicada admisible es necesario utilizar la siguiente gráfica y con ayuda de la siguiente tabla

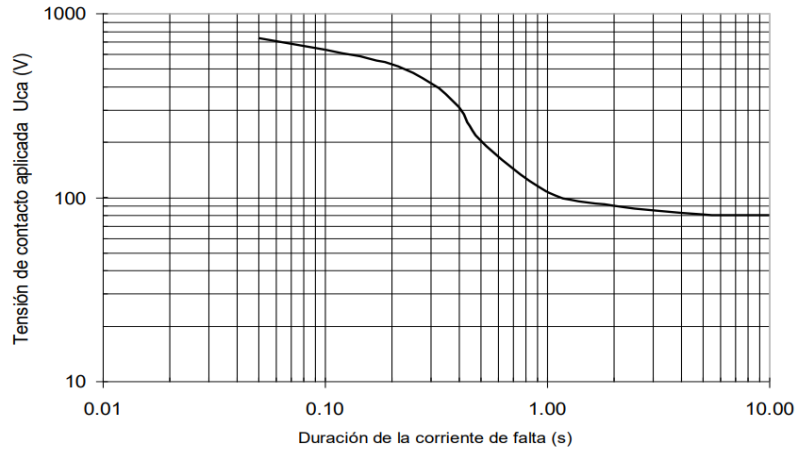


Ilustración 14: gráfica de tensión de contacto aplicada por tiempo (REBT)

Duración de la corriente de falta, $t_F$ (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, $U_{ca}$ (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
0.60	185
0.70	165
0.80	146
0.9	126
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Ilustración 15: tabla de tensiones de contacto aplicada admisible por duración de la corriente (REBT)

Para el cálculo del tiempo se utilizará la siguiente tabla obtenida del documento de Iberdrola Distribución Eléctrica: “Diseño de puestas a tierra en centros de transformación en edificio de otros usos, de tensión nominal  $\leq 30$  kV”

Característica de actuación de las protecciones	$U_n$ (kV)
$I'_{1Fp} \cdot t = 400$	$\leq 20$ kV
$I'_{1Fp} \cdot t = 2200$	30 kV

Ilustración 16: tabla de ecuaciones del tiempo dependiendo de la tensión (Iberdrola Distribución Eléctrica: “Diseño de puestas a tierra en centros de transformación en edificio de otros usos, de tensión nominal  $\leq 30$  kV”)

Con ello el tiempo será:



$$t = \frac{400}{I_d} \quad (87)$$

Las variables son:

- $t$ : duración de la corriente de falta (s)
- $I_d$  : corriente de defecto (A)

$$t = \frac{400}{461,871} = 0,866 \text{ s} \quad (88)$$

Con este tiempo se puede extraer un valor aproximado de la tensión de contacto aplicada admisible de la gráfica,  $U_{ca,adm} = 130 \text{ V}$ .

Con este valor y sabiendo que a la planta solo podrá entrar personal cualificado y autorizado para ello y por tanto utilizará calzado apropiado para la planta con una resistencia aproximada de  $2000 \Omega$

$$U_{c,adm} = 130 * \left( 1 + \frac{1,5 * 50}{1000} + \frac{0,5 * 2000}{1000} \right) = 269,75 \text{ V} \quad (89)$$

Comprobando con esto que la tensión de defecto sea menor de la tensión de contacto máximo aplicada ( $73,4098 \text{ V} < 269,75 \text{ V}$ ) y afirmando que las puestas a tierra se pueden unir formando una puesta a tierra común.

# **ANEXO II: INFORME PVSYST**

# PVsyst - Simulation report

## Grid-Connected System

---

Project: TFG

Variant: TFG simulacion

Tracking system

System power: 1004 kWp

Murcia/Santiago de la Ribera - España



# Project: TFG

Variante: TFG simulacion

## PVsyst V7.2.8

VCO, Simulation date:  
24/08/23 13:10  
with v7.2.8

### Project summary

**Geographical Site**  
Murcia/Santiago de la Ribera  
España

**Situation**  
Latitude 37.78 °N  
Longitude -0.81 °W  
Altitude 3 m  
Time zone UTC+1

**Project settings**  
Albedo 0.20

**Meteo data**  
Orihuela  
PVGIS api TMY

### System summary

#### Grid-Connected System

**PV Field Orientation**  
Tracking plane, horizontal N-S axis  
Axis azimuth 0 °

#### System information

##### PV Array

Nb. of modules 1826 units  
Pnom total 1004 kWp

#### Tracking system

**Near Shadings**  
Linear shadings

##### Inverters

Nb. of units 2 units  
Pnom total 1000 kWac  
Pnom ratio 1.004

#### User's needs

Unlimited load (grid)

### Results summary

Produced Energy	2011 MWh/year	Specific production	2002 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	79.99 %
-----------------	---------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

### Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7



**PVsyst V7.2.8**

VC0, Simulation date:  
24/08/23 13:10  
with v7.2.8

**General parameters**

<b>Grid-Connected System</b>		<b>Tracking system</b>			
<b>PV Field Orientation</b>		<b>Trackers configuration</b>		<b>Models used</b>	
<b>Orientation</b>		Nb. of trackers 83 units		Transposition Perez	
Tracking plane, horizontal N-S axis		Averages of diff. arrays		Diffuse Imported	
Axis azimuth 0 °		<b>Sizes</b>		Circumsolar separate	
		Tracker Spacing 5.72 m			
		Collector width 2.40 m			
		Ground Cov. Ratio (GCR) 41.9 %			
		Phi min / max. +/- 45.0 °			
		<b>Shading limit angles</b>			
		Phi limits +/- 65.1 °			
<b>Horizon</b>		<b>Near Shadings</b>		<b>User's needs</b>	
Free Horizon		Linear shadings		Unlimited load (grid)	

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	Risen Energy Co., Ltd	Manufacturer	AOTAI
Model	RSM110-8-550BMDG	Model	Aotai_ASP-500KTL
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	550 Wp	Unit Nom. Power	500 kWac
Number of PV modules	1826 units	Number of inverters	2 units
Nominal (STC)	1004 kWp	Total power	1000 kWac
Modules	83 Strings x 22 In series	Operating voltage	500-850 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Pnom ratio (DC:AC)	1.00
Pmpp	920 kWp		
U mpp	637 V		
I mpp	1444 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	1004 kWp	Total power	1000 kWac
Total	1826 modules	Nb. of inverters	2 units
Module area	4771 m²	Pnom ratio	1.00
Cell area	4429 m²		

**Array losses**

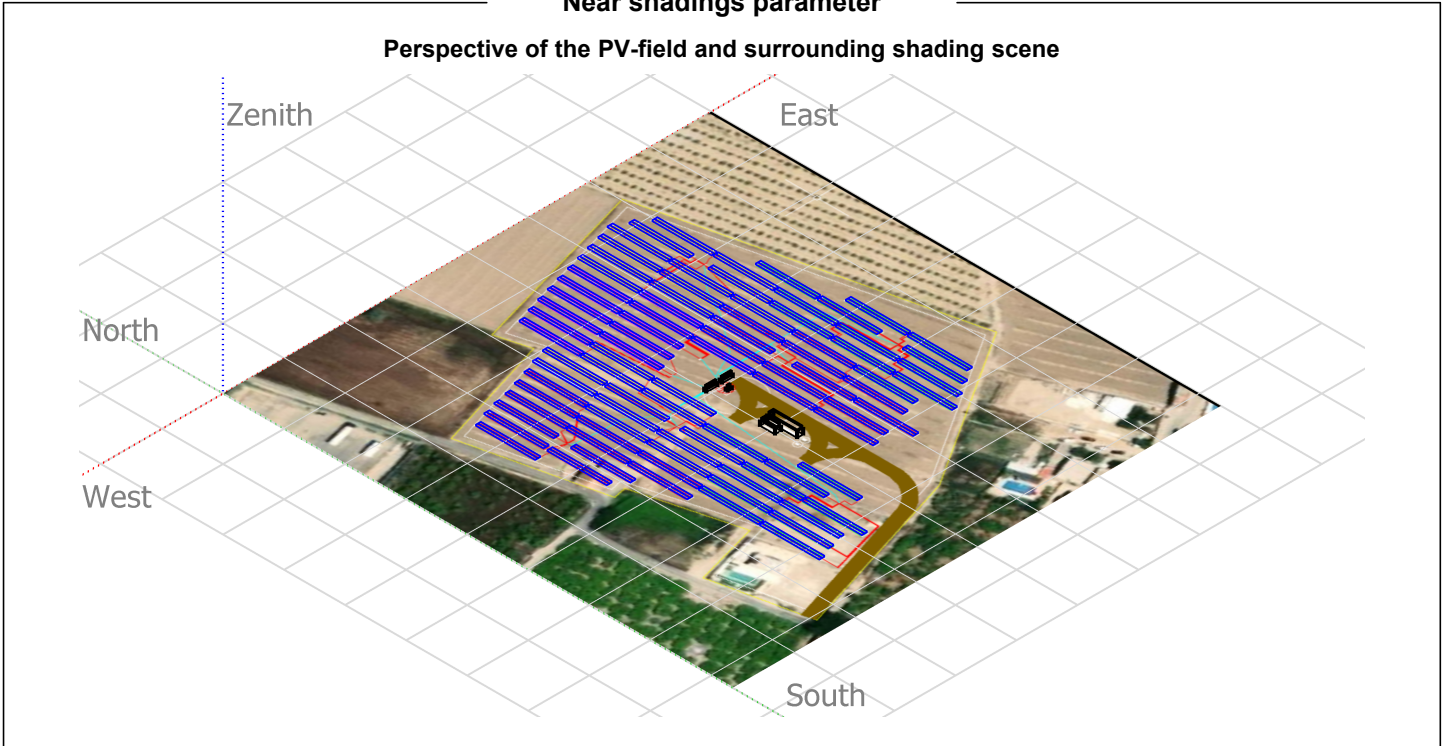
<b>Array Soiling Losses</b>		<b>Thermal Loss factor</b>		<b>DC wiring losses</b>				
Loss Fraction	3.0 %	Module temperature according to irradiance		Global array res.	7.2 mΩ			
		Uc (const) 20.0 W/m²K		Loss Fraction	1.5 % at STC			
		Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s						
<b>LID - Light Induced Degradation</b>		<b>Module Quality Loss</b>		<b>Module mismatch losses</b>				
Loss Fraction	1.6 %	Loss Fraction -0.8 %		Loss Fraction 2.0 % at MPP				
<b>Strings Mismatch loss</b>								
Loss Fraction	0.1 %							
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): User defined profile								
0°	20°	40°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	1.000	0.993	0.979	0.947	0.851	0.000



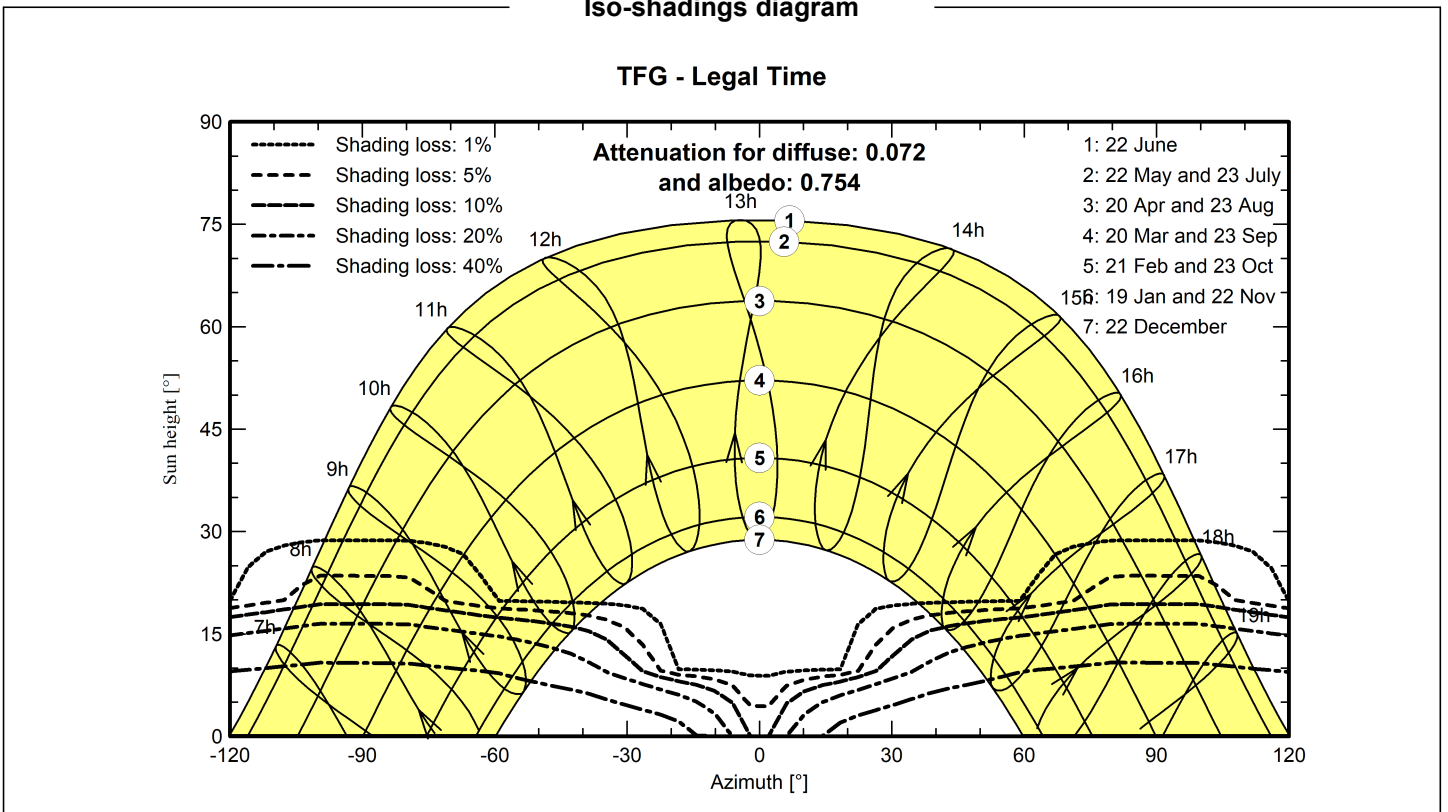
**PVsyst V7.2.8**

VC0, Simulation date:  
24/08/23 13:10  
with v7.2.8

**Near shadings parameter**



**Iso-shadings diagram**





**PVsyst V7.2.8**

VCO, Simulation date:  
24/08/23 13:10  
with v7.2.8

**Main results**

**System Production**

Produced Energy

2011 MWh/year

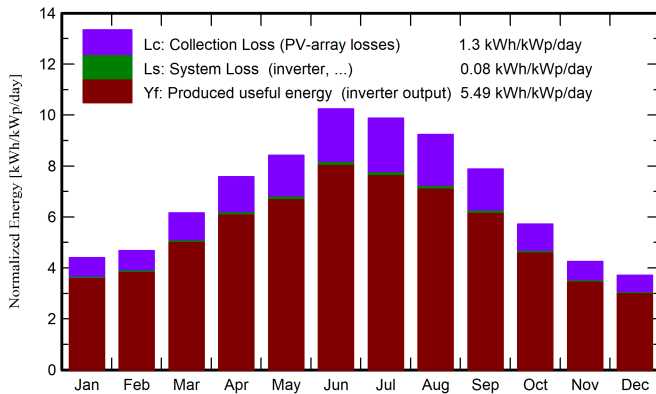
Specific production

2002 kWh/kWp/year

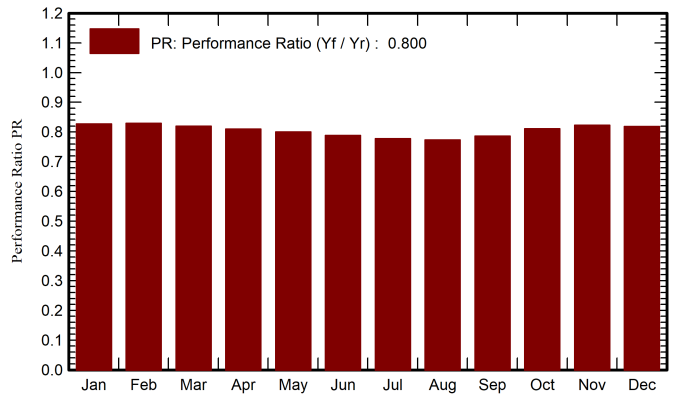
Performance Ratio PR

79.99 %

**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 MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	91.1	25.43	11.71	136.3	121.8	114.9	113.3	0.828
February	94.8	36.44	13.39	130.9	119.1	110.6	109.0	0.829
March	140.9	53.78	14.03	191.2	175.4	159.5	157.3	0.819
April	172.6	61.05	16.27	227.3	210.5	187.6	185.0	0.810
May	200.1	73.87	19.79	261.2	242.7	212.8	209.9	0.800
June	235.0	71.44	22.39	307.2	286.4	246.8	243.4	0.789
July	231.7	70.16	26.49	306.0	285.3	242.5	239.2	0.778
August	211.8	62.00	26.47	286.5	264.9	225.7	222.7	0.774
September	170.6	50.28	24.15	236.5	217.6	189.3	186.7	0.786
October	129.5	42.24	21.18	177.5	163.8	146.5	144.5	0.811
November	87.7	31.05	13.07	127.5	113.8	106.9	105.3	0.823
December	76.6	25.51	11.28	115.2	100.9	96.0	94.6	0.818
Year	1842.4	603.26	18.38	2503.2	2302.0	2039.0	2011.0	0.800

**Legends**

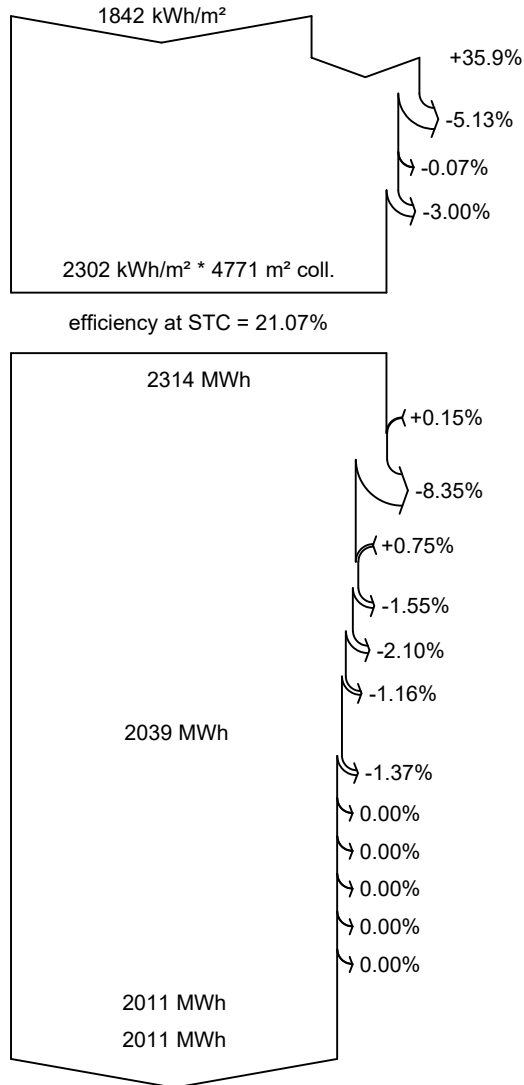
- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T\_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E\_Grid Energy injected into grid
- PR Performance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



**PVsyst V7.2.8**

VC0, Simulation date:  
24/08/23 13:10  
with v7.2.8

**Loss diagram**



- Global horizontal irradiation**
- Global incident in coll. plane**
- Near Shadings: irradiance loss
- IAM factor on global
- Soiling loss factor
- Effective irradiation on collectors**
- PV conversion
- Array nominal energy (at STC effic.)**
- PV loss due to irradiance level
- PV loss due to temperature
- Module quality loss
- LID - Light induced degradation
- Mismatch loss, modules and strings
- Ohmic wiring loss
- Array virtual energy at MPP**
- Inverter Loss during operation (efficiency)
- Inverter Loss over nominal inv. power
- Inverter Loss due to max. input current
- Inverter Loss over nominal inv. voltage
- Inverter Loss due to power threshold
- Inverter Loss due to voltage threshold
- Available Energy at Inverter Output**
- Energy injected into grid**



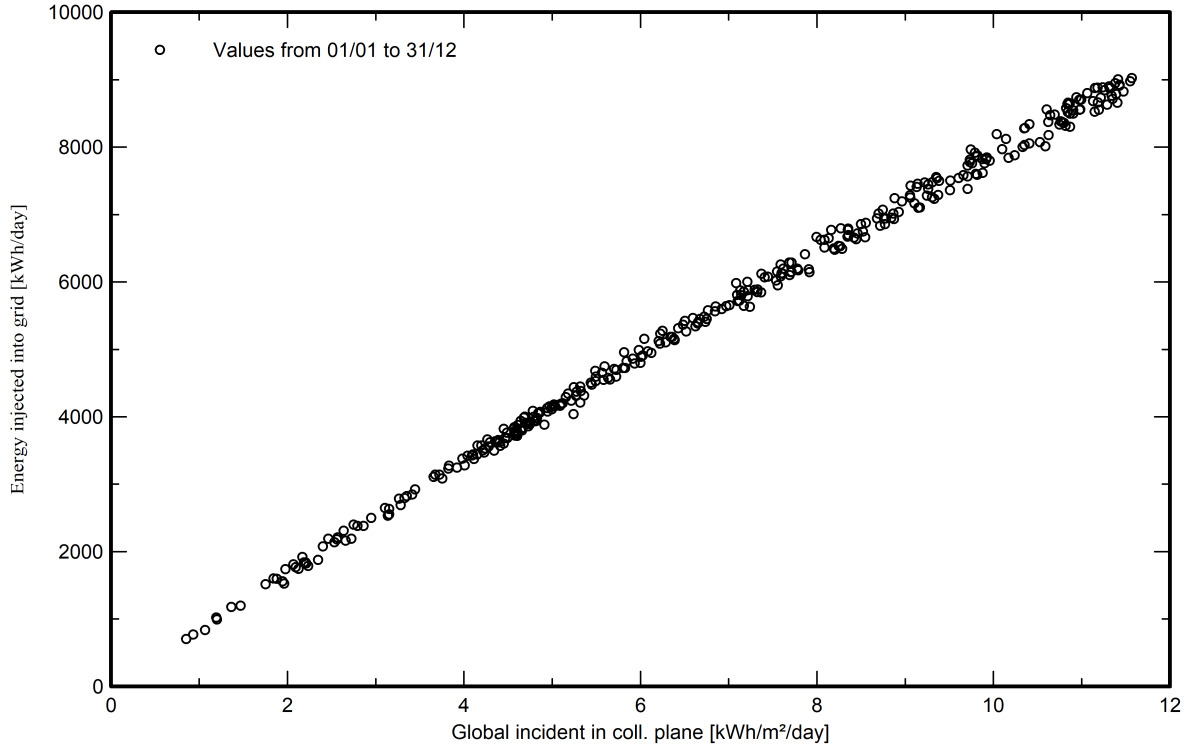


**PVsyst V7.2.8**

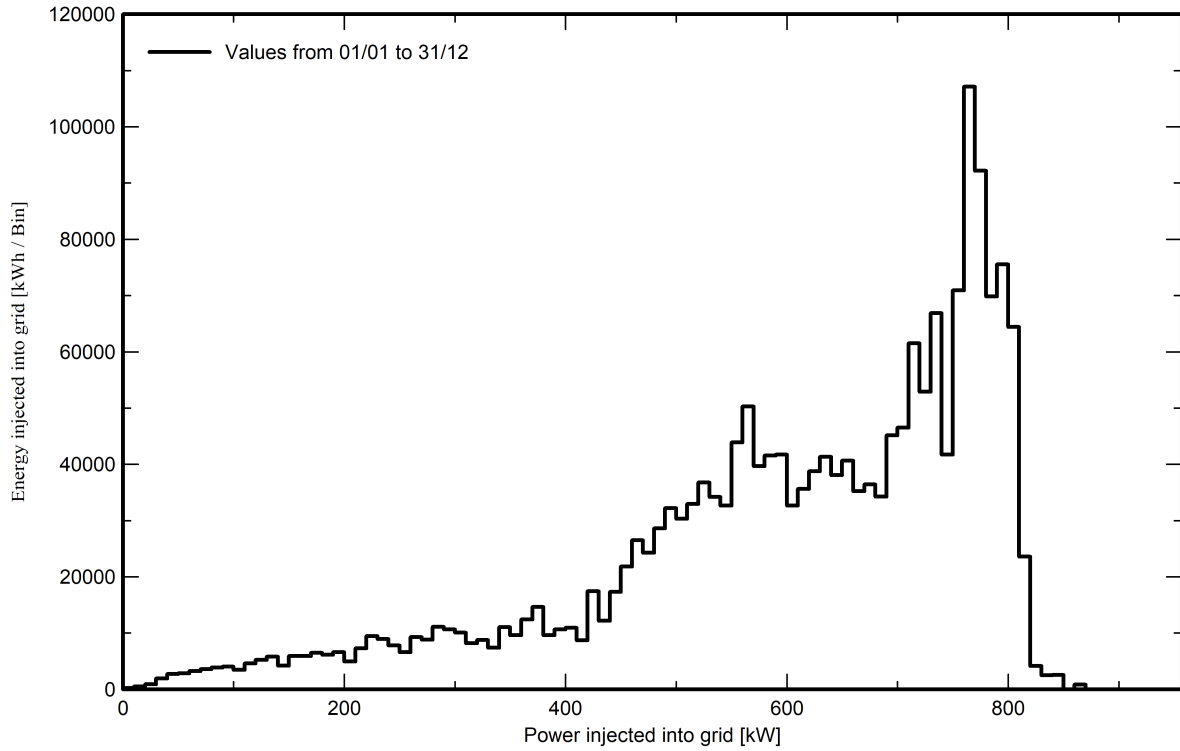
VC0, Simulation date:  
24/08/23 13:10  
with v7.2.8

**Special graphs**

**Diagrama entrada/salida diaria**



**Distribución de potencia de salida del sistema**



Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. <b>Fin de la pobreza.</b>				✘
ODS 2. <b>Hambre cero.</b>				✘
ODS 3. <b>Salud y bienestar.</b>				✘
ODS 4. <b>Educación de calidad.</b>				✘
ODS 5. <b>Igualdad de género.</b>				✘
ODS 6. <b>Agua limpia y saneamiento.</b>		✘		
ODS 7. <b>Energía asequible y no contaminante.</b>	✘			
ODS 8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico.</b>				✘
ODS 9. <b>Industria, innovación e infraestructuras.</b>	✘			
ODS 10. <b>Reducción de las desigualdades.</b>				✘
ODS 11. <b>Ciudades y comunidades sostenibles.</b>	✘			
ODS 12. <b>Producción y consumo responsables.</b>		✘		
ODS 13. <b>Acción por el clima.</b>	✘			
ODS 14. <b>Vida submarina.</b>				✘
ODS 15. <b>Vida de ecosistemas terrestres.</b>				✘
ODS 16. <b>Paz, justicia e instituciones sólidas.</b>				✘
ODS 17. <b>Alianzas para lograr objetivos.</b>				✘

Este proyecto está muy relacionado con los objetivos marcados por la ONU, ya que se plantea una generación de energía renovable con un fuerte incentivo como es el hidrógeno verde.

El primer punto a remarcar es la creación de energía asequible y no contaminante, ya que la planta utiliza energía solar haciendo que no se dependa de los recursos naturales y limitados ofrecidos por el planeta, bajando los precios y reduciendo la contaminación por ello.

El segundo punto es la Industria, innovación e infraestructuras, en este punto hay que remarcar tanto la planta fotovoltaica que utiliza lo último en esta tecnología como la parte de generación de hidrógeno, que es una tecnología todavía poco usada pero que dentro de poco será un gran salto.

El tercer punto es Ciudades y comunidades sostenibles, aquí se puede hablar de la necesidad de cambio en nuestra forma de transporte, de calentarnos y de utilizar la energía, porque esto cambiará con el aumento de fuentes de energía renovable y con el inminente cambio de los automóviles a híbridos y en un futuro a 100% eléctricos o de hidrógeno.

Por último, la acción sobre el clima, la disminución de gases de efecto invernadero reduciendo el cambio climático y de gases contaminantes.