

**UNIVERSITAT JAUME I**  
**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES**  
**EXPERIMENTALS**  
**GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

***ACONDICIONAMIENTO TECNICO DE UNA INSTALACION  
FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO Y VERTIDO A RED  
DE 200 kWp.***

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**AUTOR**

Alberto González Guijarro

**DIRECTOR**

Ricardo Vidal Albalate

Castellón, Noviembre de 2021



# INDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>1. MEMORIA</b> .....   | 1  |
| 1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....                                  | 2  |
| 1.2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO .....                              | 3  |
| 1.3. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES.....                            | 4  |
| 1.4. NORMATIVA Y REFERENCIAS.....                                       | 4  |
| 1.4.1. NORMATIVA .....  | 4  |
| 1.4.2. BIBLIOGRAFIA .....   | 10 |
| 1.5. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....                              | 10 |
| 1.5.1. CENTRAL FOTOVOLTAICA.....  | 11 |
| 1.6. RED DE BAJA TENSIÓN .....  | 24 |
| 1.6.1. CONDUCCIONES DE BAJA TENSIÓN .....                               | 24 |
| 1.7. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....                                     | 29 |
| 1.7.1. ANTECEDENTES.....  | 29 |
| 1.7.2. POTENCIA UNITARIA DEL TRANSFORMADOR Y POTENCIA TOTAL EN KVA..... | 30 |
| 1.7.3. TIPO DE TRANSFORMADOR.....                                       | 30 |
| 1.7.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....     | 30 |
| 1.7.5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....                              | 30 |
| 1.7.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....                                       | 35 |
| 1.7.7. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....                             | 46 |
| 1.7.8. PUESTA A TIERRA .....  | 47 |
| 1.7.9. INSTALACIONES SECUNDARIAS .....                                  | 47 |
| 1.7.10. LIMITACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS.....                            | 49 |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 1.8.      | BALANCE ENERGÉTICO.....                   | 50         |
| 1.8.1.    | CONSUMO ENERGETICO DE LA COOPERATIVA..... | 50         |
| 1.8.2.    | ENERGIA GENERADA.....                     | 53         |
| 1.9.      | VIABILIDAD ECONOMICA.....                 | 64         |
| <b>2.</b> | <b>ANEXOS.....</b>                        | <b>68</b>  |
| 2.1.      | CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....              | 69         |
| 2.1.1.    | INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....             | 69         |
| 2.1.2.    | CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....             | 90         |
| 2.2.      | FICHAS TÉCNICAS.....                      | 109        |
| 2.3.      | INFORMES.....                             | 125        |
| <b>3.</b> | <b>PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>         | <b>139</b> |
| 3.1.      | DEFINICIONES.....                         | 140        |
| 3.1.1.    | Radiación solar.....                      | 140        |
| 3.1.2.    | Instalación.....                          | 140        |
| 3.1.3.    | Módulos.....                              | 141        |
| 3.2.      | DISEÑO.....                               | 142        |
| 3.2.1.    | Diseño del generador fotovoltaico.....    | 142        |
| 3.2.2.    | Diseño del sistema de monitorización..... | 144        |
| 3.3.      | COMPONENTES Y MATERIALES.....             | 144        |
| 3.3.1.    | Generalidades.....                        | 144        |
| 3.3.2.    | Sistemas generadores fotovoltaicos.....   | 146        |
| 3.3.3.    | Estructura soporte.....                   | 148        |
| 3.3.4.    | Inversores.....                           | 149        |
| 3.3.5.    | Cableado.....                             | 152        |
| 3.3.6.    | Protecciones.....                         | 152        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 3.3.7.    | Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas.....    | 153        |
| 3.3.8.    | Armónicos y compatibilidad electromagnética.....           | 153        |
| 3.3.9.    | Medidas de seguridad.....                                  | 153        |
| 3.4.      | CÁLCULO DE LA PRODUCCION ANUAL ESPERADA .....              | 154        |
| 3.5.      | REQUERIMIENTOS TECNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO..... | 155        |
| 3.5.1.    | Generalidades.....   | 155        |
| 3.5.2.    | Programa de mantenimiento .....                            | 156        |
| 3.5.3.    | Garantías .....  | 157        |
| <b>4.</b> | <b>PRESUPUESTO .....</b>                                   | <b>160</b> |
| <b>5.</b> | <b>PLANOS .....</b>  | <b>165</b> |

# 1. MEMORIA

---

## 1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

---

En el año 2008 se construyó en la finca de la cooperativa de La punta, La Vall d'Uixó, una central fotovoltaica de autoconsumo, en la que se pretendía obtener energía para los procesos de riego de la comunidad de regantes y de los diferentes consumos originados en la parcela, además de verter la energía excedentaria a la red.

Por diversos motivos técnicos y legales, desde su construcción, la instalación fotovoltaica solamente ha servido como autoabastecimiento eléctrico del sistema de bombeo de agua de riego, sin el vertido de excedentes, conformando un sistema de bombeo solar.

Principalmente, no fue posible hacer la conexión de la central fotovoltaica a red por el incumplimiento de la norma **UNE 206007-1:2013 IN**, por parte de los inversores monofásicos instalados. Otro incumplimiento legal se presentó en la altura máxima que alcanzaban las estructuras de los seguidores, puesto que esta se excedía unos cuantos metros cuando los seguidores se encontraban en su mayor inclinación respecto a la horizontal. El resultado fue el mal aprovechamiento de la potencia pico instalada, ya que únicamente se permitió el autoconsumo para alimentar el sistema de bombeo para riego, generando la potencia necesaria solamente para la alimentación de la bomba.

En un inicio la instalación contaba con 5 seguidores solares con 480 módulos, modelo A-230P de Atersa, que proporcionaban una potencia de 110,4 kWp. Adicionando un sistema antivertido se alimentaba el consumo de una bomba de 55 kW, gobernada por un variador de frecuencia de 90 kW. El variador establecía la frecuencia en función de las condiciones climatológicas, así pues, en función de la tensión originada debida a la radiación solar se adaptaba y proporcionaba la frecuencia correspondiente. El control de la bomba era idóneo, puesto que en condiciones de sol muy radiante se consigue un mayor caudal suministrado para el riego.

Posteriormente se implementó una segunda bomba de otros 55 kW, manejada por otro variador de frecuencia de 55 kW, también se hizo una ampliación del campo solar, instalando 70 módulos adicionales, A-250P, elevando la potencia instalada a 126,5 kWp.

A efectos prácticos, la potencia adicional de 250 W por modulo se limitaba a los 230 W de los primeros módulos instalados más las correspondientes pérdidas de potencia debidas a la diferencia de temperatura, irradiancia y demás factores ambientales que diferían con las condiciones STC de las especificadas para los módulos. Al tratarse de paneles solares con distinta potencia de generación, el punto de máxima potencia de producción será determinado por el panel más limitante.

---

## 1.2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO

---

El presente proyecto tiene como finalidad la renovación del equipo necesario para la puesta en marcha de la central fotovoltaica, maximizando en la medida de lo posible el beneficio conseguido por la venta de excedentes.

Dicha renovación implica la sustitución de los inversores monofásicos ya montados en los seguidores solares, pero desconectados del sistema de generación fotovoltaico, por inversores trifásicos que cumplan con toda reglamentación. Éstos convierten la corriente continua generada por el campo solar en alterna y regulan la tensión de salida a las condiciones de la red eléctrica de baja tensión para permitir tanto el autoconsumo como el vertido de energía en la red de media tensión.

Se realizará la sustitución de los módulos de captación solar, debido principalmente al hecho que las tecnologías actuales suponen una mayor potencia instalada por superficie. Adicionalmente, el precio por vatio de panel solar era de en torno a tres euros y medio en el año de instalación, hoy en día el precio por vatio de los paneles elegidos como sustitutos se encuentra en unos 35 céntimos de euro. Por una inversión notablemente menor a la efectuada hace trece años se duplica casi la potencia pico instalada, aumentando el beneficio de la venta de excedentes. Otro aspecto a tener en cuenta es que se trata de paneles con 13 años de antigüedad que presentan una capacidad de producción muy mermada debido al desgaste. Se estima una reducción de potencia de entorno al 10%, solamente por antigüedad de paneles.

Hasta ahora la actividad principal de la cooperativa consistía en el riego de los campos adyacentes mediante las 2 bombas de agua de 55 kW. Con la propuesta de renovación técnica de los elementos necesarios se pretende generar un beneficio por los excedentes, acogiendo a un modelo de autoconsumo con producción y venta de excedentes, sin compensación. Para ello es necesario realizar ciertos trámites administrativos:

- Obtención de una licencia de actividad del Ayuntamiento.
- Alta en la Agencia Tributaria en impuesto electricidad.
- Hacer el registro administrativo de producción (RAIPRE).
- Tramitar el acuerdo de representación y contrato de venta de energía con la comercializadora de referencia.

---

### 1.3. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

---

Emplazamiento: Polígono 5 Parcela 650, LA PUNTA. LA VALL D'UIXÓ (CASTELLÓN).

---

### 1.4. NORMATIVA Y REFERENCIAS

---

#### 1.4.1. NORMATIVA

- **Ley 54/1997 de 27 de noviembre** del Sector Eléctrico.
- **Real Decreto 2351/2004, de 23 de diciembre**, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico.
- **Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto**, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- **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 661/2007, de 25 de mayo**, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- **Real Decreto 413/2014, de 6 de junio**, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- **Real Decreto 2135/1980, de 26 de septiembre**, sobre liberalización industrial.
- **Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre**, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- **Ley 21/1992, de 16 de julio**, de Industria.
- **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 314/2006, de 17 de marzo**, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE 5 "Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica".
- **Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre**, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- **Ley 24/2013, de 26 de diciembre**, del Sector Eléctrico.
- **Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre**, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- **Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre**, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- **Real Decreto 244/2019, de 5 de abril**, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- **Norma UNE 20460-7-712:2006** sobre Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos (FV) productores de energía - Guía.

- **Norma UNE EN 61277** sobre Sistemas fotovoltaicos (FV) terrestres generadores de potencia. Generalidades y guía.
- **Norma UNE EN 61683** sobre Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- **Norma UNE EN 61724** sobre Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis.
- **Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997**, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997**, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- **Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997**, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- **Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997**, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- **Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero**, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- **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**
- **Instrucciones Técnicas Complementarias, denominadas MI-BT**. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de septiembre de 2002.
- **Autorización de Instalaciones Eléctricas**. Aprobado por **Ley 40/94, de 30 de diciembre**, B.O.E. de 31-12-1994.
- **Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional** y desarrollos posteriores. Aprobado por **Ley 40/1994**, B.O.E. 31-12-1994.

- **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. Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- **Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, Decreto de 12 marzo de 1954 y Real Decreto 1725/84 de 18 de Julio.**
- **Real Decreto 2949/1982 de 15 de octubre** de Acometidas Eléctricas.
- **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 222/2008 de 15 de febrero**, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica
- **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
- **Real Decreto Legislativo 1/2008 de 11 de enero**, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos
- **Real Decreto 1131/88 de 30 de septiembre**, por el que se aprueba el reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1308/86 de Evaluación de Impacto Ambiental
- **NTE-IEP. Norma tecnológica de 24-03-1973, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.**
- **Orden 9/2010, de 7 de abril**, de la Conselleria de Infraestructuras y Transporte, por la que se modifica la Orden de 12 de febrero de 2001, de la Conselleria de Industria y Comercio, por la que se modifica la de 13 de marzo de 2000, sobre contenido mínimo en proyectos de industrias e instalaciones industriales. (DOCV de 16/4/10)
- **Decreto 88/2055, de 29 de abril**, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen los procedimientos de autorización de instalaciones de producción, transporte y distribución de energía eléctrica que son competencia de la Generalitat. (DOCV de 5/5/05)

- **Decreto 32/2006, de 10 de marzo**, del Consell de la Generalitat, por el que se modifica el Decreto 162/1990, de 15 de octubre, del Consell de la Generalitat, por el que se aprobó el Reglamento para la ejecución de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de la Generalitat, de Impacto Ambiental.
- **Ley 4/1998, de 11 de junio**, del Patrimonio Cultural Valenciano. (DOGV de 18/6/98)
- **Ley 4/2004 de 30 de junio**, de la Generalitat, de Ordenación del Territorio y Protección del Paisaje. (DOCV de 2/7/04)
- **Decreto 120/2006 de 11 de agosto**, del Consell, por el que se aprueba el Reglamento de Paisaje de la Comunitat Valenciana. (DOCV de 16/8/06)
- **Ley 2/89 de 3 de marzo**, de la Generalitat Valenciana, de Evaluación de Impacto Ambiental. (DOGV de 8/3/89)
- **Decreto 162/90 de 15 de octubre**, por el que se aprueba la ejecución de la Ley 2/89, de 3 de marzo, de Evaluación de Impacto Ambiental. (DOGV de 30/10/90)
- **Ley 3/93 de 9 de diciembre**, de la Generalitat Valenciana, Forestal de la Comunidad Valenciana.
- **Ley 3/1995 de 23 de marzo**, de Vías Pecuarias.
- **Decreto 7/2004 de 23 de enero**, del Consell de la Generalitat, por el que se aprueba el pliego general de normas de seguridad en prevención de incendios forestales a observar en la ejecución de obras y trabajos que se realicen en terreno forestal o en sus inmediaciones. (DOGV de 27/1/04)
- **Resolución de 15 de octubre de 2010**, del Conseller de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda y vicepresidente tercero del Consell, por la que se establecen las zonas de protección de la avifauna contra la colisión y electrocución, y se ordenan medidas para la reducción de la mortalidad de aves en líneas eléctricas de alta tensión. (DOCV de 5/11/10)
- **UNE-EN 62271-202** Centros de Transformación prefabricados.
- **NBE-X** Normas básicas de la edificación.

- **UNE-EN 62271-1** Estipulaciones comunes para las normas de aparata de Alta Tensión.
- **UNE-EN 61000-4-X** Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.
- **UNE-EN 62271-200** Aparata bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- **UNE-EN 62271-102** Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- **UNE-EN 62271-103** Interruptores de Alta Tensión. Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.
- **UNE-EN 62271-105** Combinados interruptor - fusible de corriente alterna para Alta Tensión.
- **CEI 60076-X** Transformadores de Potencia.
- **Reglamento (UE) Nº 548/2014 de la Comisión de 21 de mayo de 2014** por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a los transformadores de potencia pequeños, medianos y grandes (Ecodiseño)
- **UNE 21428** Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en baja tensión de 50 a 2 500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV.
- **Norma UNE-HD 60364-5- 52.** Norma de intensidades admisibles para instalaciones al aire

#### 1.4.2. BIBLIOGRAFIA

<https://tecnosolab.com/noticias/tecnologia-perc-y-half-cell-en-paneles-solares/>

[https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/la-vall-d%27uix%C3%B3 espa%C3%B1a\\_2509927](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/la-vall-d%27uix%C3%B3 espa%C3%B1a_2509927)

<https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>

---

#### 1.5. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

---

Se van a describir las instalaciones de manera general para hacer más hincapié en cada uno de los subapartados.

El autoconsumo que se pretende rediseñar consta de 550 módulos fotovoltaicos de 400 Wp por modulo, montados sobre 5 seguidores solares con una potencia total de 200 kW, determinados por la potencia de salida de los inversores. Cada seguidor dispone de su propio inversor trifásico para realizar la conversión de la energía de continua a alterna.

La energía generada a 400 V y 50 Hz se eleva en un centro de transformación hasta los 20 kV correspondientes a la tensión de distribución. El centro de transformación actual va a ser sustituido, aumentando la potencia del transformador hasta las 250 kVA.

La parcela va a ser suministrada energéticamente mediante el autoconsumo, el grueso del consumo se encuentra en el sistema de bombeo, encargado de suministrar agua desde una balsa de acumulación de 5000 m<sup>3</sup>, alimentada por diversos pozos de la zona, a los campos de cultivo pertenecientes a la cooperativa.

Parte de la energía generada se destinará a cubrir las necesidades energéticas dentro de la cooperativa, como la iluminación, los elementos automatizados y el sistema de bombeo de agua para riego, siendo este último el que conforme la actividad principal de la cooperativa.

## 1.5.1. CENTRAL FOTOVOLTAICA

### 1.5.1.1. MODULOS SOLARES

El modelo elegido para sustituir a los módulos actuales es el Cheetah JKM400M-72H-V de 400 Wp de Jinko Solar, este aparece como uno de los mejores productos en cuanto a pruebas realizadas para el desgaste de paneles, según los ensayos realizados en el Module Reliability Scorecard del PVEL. Ofrece una garantía de 10 años de producto y 25 de potencia lineal hasta el 84,2% de su potencia inicial y una degradación máxima de un 3% el primer año.

El módulo JKM400M-72H-V está constituido por 144 células fotovoltaicas de tipo Monocristalino PERC de alta eficiencia, asegurando una producción de energía a partir de una radiación solar de un 4-5 %, teniendo una eficiencia de conversión de hasta un 19,88%.

Al ser paneles monocristalinos, se componen de células formadas por silicio procedente de un único cristal, a diferencia de las policristalinas presentan una mayor eficiencia. Su vida útil también es mayor que la de los paneles policristalinos y tienen mejores valores de producción con radiación difusa.

Se caracterizan por aportar una excelente respuesta en condiciones de baja radiación solar además de optimizar la producción de energía en zonas con sombreados parciales y maximiza la captación de radiación solar.

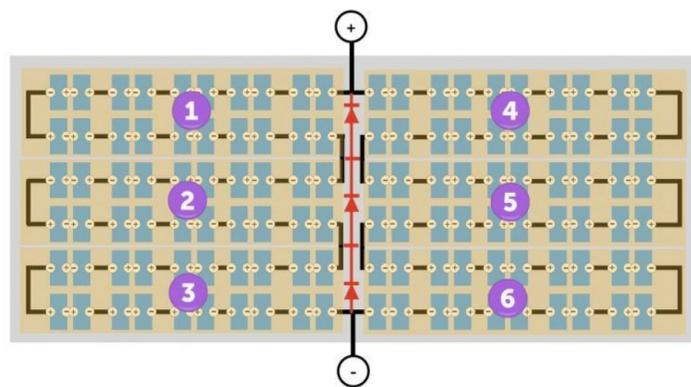


Imagen 1.5.1. Cableado interior de una placa solar con tecnología Half Cell

Cabe destacar también su tecnología HC (*Half Cell*) y el tipo de células PERC (*Passivated Emitter Rear Contact*) que componen los módulos, las cuales permiten una larga durabilidad y gran eficiencia.

La tecnología HC implica que el flujo de corriente se divide en dos partes unidas en serie. Esto reduce la resistencia interna de las placas y asegura una producción continua cuando la placa está parcialmente sombreada, aumentando la producción de energía a lo largo del año, especialmente cuando existe sombreado parcial del módulo fotovoltaico.

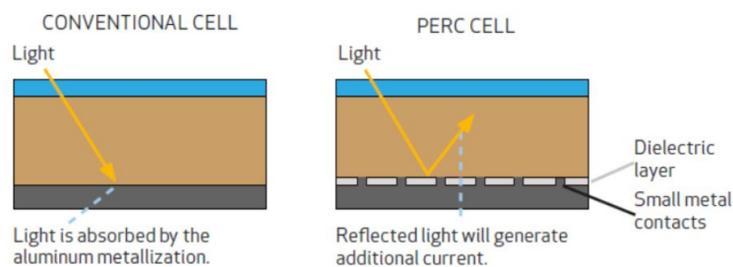


Imagen 1.5.2. Comparativa de una célula convencional y una tipo PERC

El tipo de células PERC añade en el ensamblaje una capa dieléctrica pasiva en la parte trasera de la placa solar, que funciona como reflectante y permite reflejar parte de los fotones de nuevo a la capa de captación, resultando un tipo de panel que aumenta la eficiencia total. Absorbe mejor las longitudes de onda largas presentes cuando el sol incide con menor inclinación, durante las primeras y las últimas horas del día. La temperatura de la célula también es menor debido a que parte de las ondas superiores a las infrarrojas son reflejadas al exterior del panel y no son absorbidas por la capa inferior de aluminio como sucede en los paneles convencionales.

El resultado es un panel que trabaja bien a altas temperaturas y en condiciones de poca luz, permitiendo generar más energía por  $m^2$  con un coste no mucho más caro que las tecnologías convencionales.

Otra cuestión importante es la resistencia a la degradación PID (*Potential Induced Degradation*) que es un proceso que ocurre a los pocos años de estar instalados los

módulos solares. El PID acelera la degradación del rendimiento y se incrementa exponencialmente. Este efecto ha supuesto en los últimos años la merma de producción de muchas centrales fotovoltaicas a lo largo del mundo. El fabricante del módulo garantiza la resistencia al PID en el proceso de producción en masa de los módulos solares.

Las características mecánicas del módulo son las siguientes:

- Peso 22,5 kg
- Tipo de célula: Mono PERC 158,75 × 158,75mm
- Nº de células: 144 (6 x 24) medias células que equivalen a 72 (6x12)
- Vidrio frontal: 3,2mm, antireflexión, alta transmisión, bajo contenido en hierro,  
vidrio templado
- Estructura: Aleación aluminio anodizado
- Caja de conexión: Clase IP67
- Cables de salida: TÜV 1x4,0mm<sup>2</sup>, longitud: ánodo 1400mm, cátodo 1400mm

Las medidas del módulo son las siguientes:

- Longitud: 2008 mm
- Ancho: 1002 mm
- Altura: 40 mm

Las características eléctricas del módulo son las siguientes:

- Potencia máxima (Pmax): 400 Wp
- Tensión a potencia máxima (Vmpp): 41,7V
- Corriente a potencia máxima (Impp): 9,60A
- Tensión en circuito abierto (Voc): 49,8V
- Corriente de cortocircuito (Isc): 10,36A

- Eficiencia de módulo: 19,88%

Las mediciones realizadas están hechas en condiciones de prueba estándar (STC): radiación 1 kW/m<sup>2</sup>, distribución espectral AM 1,5 ASTM E892 y temperatura de célula de 25 °C. La medición del TONC se realiza en las siguientes condiciones: radiación de 0,8 kW/m<sup>2</sup>, temperatura ambiente de 20 °C y velocidad del viento de 1 m/s.

Otras características relevantes son las siguientes:

- Temperatura de funcionamiento (°C): -40°C a +85°C
- Voltaje máximo del sistema: 1500 Vdc
- Tolerancia de alimentación: +- 3%
- Coeficiente de temperatura Pmax: -0,35%/°C
- Coeficiente de temperatura Voc: -0,29%/°C
- Coeficiente de temperatura Isc: 0,048%/°C
- Temperatura nominal de operación de celda: 45 +-2°C

Certificados: ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, IEC 61215, IEC 61730, UL 1703

### 1.5.1.2. SEGUIDORES SOLARES

Los 5 orientadores solares se unen a la estructura de soporte para los módulos, construida en acero galvanizado y cumpliendo la Norma MV-103. Ésta se dimensiona para aguantar además del peso de los módulos, una velocidad del viento de 100 km/h, condiciones de nieve o sismos. El montaje y la tornillería son de acero inoxidable y cumplen con la Norma MV-106.

Los seguidores tienen un control astronómico que garantiza la orientación en cada momento, independientemente de las condiciones atmosféricas. El seguidor se orienta de manera que va siguiendo la trayectoria del sol, moviendo la estructura de perpendicularmente a la radiación solar incidente.

Las características de los seguidores son las siguientes:

- Superficie aprovechable: 174,6 m<sup>2</sup>
- Inclinación: 5°- 50°
- Angulo giro azimutal: Hasta 280°
- Altura mínima de paneles: 0,38 m
- Altura máxima de paneles: 8,62 m
- Dimensiones zapatas 6 x 5,8 x 1,25 m

Todos los elementos estructurales son galvanizados en caliente o protegidos contra intemperie por método equivalente.

#### 1.5.1.3. INVERSORES

El inversor es el elemento de la instalación que se encarga de transformar la corriente continua producida en los paneles en corriente alterna a 50 Hz, para el vertido a la red.

Los inversores escogidos serán trifásicos y deberán incorporar los elementos necesarios para la detección de defecto a tierra, las protecciones de tensión y frecuencia, y la función de desconexión-conexión automática en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, de forma que se evite el funcionamiento en isla de la instalación.

El número de cadenas y número de módulos por cadena a conectar a cada inversor se realizará de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, de manera que se procurará que los puntos de operación y rendimientos sean óptimos.

Los inversores estarán homologados y sus características se ajustarán a lo establecido en el Pliego de Condiciones.

En este caso se han elegido inversores SUN2000-40KTL-M3 de la marca HUAWEI, con una potencia nominal de 40 kW para cada uno de los seguidores solares. Todos los cálculos se

detallan en el apartado 2.1.2, pero se ha optado por este modelo tras analizar las dos mejores opciones de agrupación de los paneles al conformar las series de los seguidores solares.

Este inversor tiene una eficiencia máxima de 98,7% y presenta un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) ya que incorpora un seguidor con varias entradas que le permiten obtener la máxima cantidad de energía del campo solar fotovoltaico.

Tiene un grado de protección IP66, lo que le permite ser instalado tanto en interior como en exterior. No obstante, su instalación será en el interior de la estructura de los seguidores, ya que de este modo se aumenta su vida útil.

Los inversores van instalados dentro de los seguidores solares, en un espacio ventilado y accesible para que la temperatura del aire no aumente en exceso, disminuyendo la durabilidad y el rendimiento del equipo.

El inversor va equipado con múltiples protecciones que aseguren su buen funcionamiento y la seguridad de su instalación y manipulación. Las protecciones que dispone son las siguientes:

- Polarización inversa.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Modo anti isla con desconexión automática.
- Fallos de aislamiento.
- Sobretensiones en continua de tipo 2 y tipo 3 en alterna.
- Detección de fallo de string.

El inversor cuenta con una pantalla con indicadores LED y presenta comunicación tipo WLAN o red de área local inalámbrica, que puede ser monitorizado mediante una aplicación móvil o mediante ordenador, entre otros protocolos de comunicación.

Las características mecánicas son las siguientes:

- Peso: 43 kg
- Longitud: 270 mm
- Ancho: 640 mm
- Altura: 530 mm

Las características eléctricas son las siguientes:

- Potencia nominal: 40 kW
- Rango de tensión MPPT: 200 V ~ 1000 V
- Tensión máxima de entrada DC: 1100 V
- Corriente máxima de entrada MPPT: 26 A
- Corriente de cortocircuito por MPPT: 40 A
- Número máximo de strings: 8
- MPPT: 4
- Máxima temperatura nominal: 60 °C
- Corriente máxima de salida AC: 63,8 A
- Tensión nominal: 230 Vac / 400 Vac, 3W / N+PE
- Frecuencia nominal: 50 Hz
- Factor de potencia: 0,8 leading–0,8 lagging
- THD: < 3%
- Eficiencia máxima: 98,7 %
- Euroeficiencia: 98,4 %
- Consumo en stand-by: 20 W
- Consumo nocturno: < 5 W

- Temperatura de funcionamiento -25 ~ +60 °C
- Grado de protección IP66

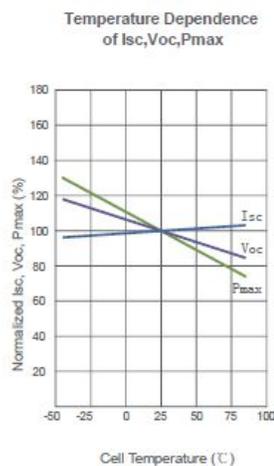
#### 1.5.1.4. CONFIGURACION DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

La disposición de las series de los módulos fotovoltaicos de cada seguidor se configura acorde a las especificaciones de operación de los inversores. Hay que tener en cuenta los valores máximos de tensiones y corrientes que pueden soportar los inversores.

Primero se determina la temperatura mínima y máxima del emplazamiento y se calculan las tensiones e intensidades máximas que pueden llegar a producirse en función de la temperatura.

$$T_{\min} = 3 \text{ °C}; T_{\min\text{paneles}} = 6,38 \text{ °C}$$

$$T_{\max} = 31 \text{ °C}; T_{\max\text{paneles}} = 64,75 \text{ °C}$$



**Grafica 1.5.1. Efecto de la temperatura sobre las características del módulo solar.**

La tensión y la intensidad de los paneles depende de la temperatura a la que se encuentren éstos, por tanto, dependiendo de las condiciones climáticas la potencia que se obtiene es variable. La Grafica 1.5.1 muestra la evolución de las características eléctricas por grado centígrado. Se observa como las altas temperaturas suponen una mayor pérdida de potencia, principalmente por el descenso de la tensión de salida del módulo.

Para el tipo de panel y las condiciones climáticas del emplazamiento, la Tabla 1.5.1 muestra la tensión y la intensidad máxima teórica que se podría alcanzar por módulo.

| JKM400M-72H     |       |   |
|-----------------|-------|---|
| <b>INVIERNO</b> |       |   |
| Voc(6,38°C) =   | 52,49 | V |
| Isc(6,38°C) =   | 10,27 | A |
| <b>INVIERNO</b> |       |   |
| Voc(64,75°C) =  | 44,06 | V |
| Isc(64,75°C) =  | 10,56 | A |

**Tabla 1.5.1 Tensión e Intensidad del módulo para las temperaturas máximas y mínimas del emplazamiento.**

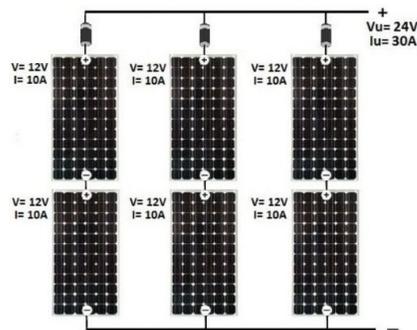
Dependiendo de la configuración de paneles elegida se producirá una tensión por cada serie que llegue al inversor, y dicha tensión tendrá que ser adecuada para el inversor seleccionado. Los módulos solares en serie suman sus tensiones, por tanto, existe un límite de paneles determinado por el inversor a conectar. Este tiene que ser capaz de aguantar toda la tensión e intensidad que se generen en el seguidor.

En la hoja de características del inversor se muestran el valor máximo de tensión instantáneo que puede alcanzarse, el rango de tensiones para el funcionamiento óptimo y la tensión mínima. También se muestra el valor máximo de intensidades tanto por serie como por MPPT (“Maximum Power Point Tracker” o seguimiento del punto de máxima potencia), máximo que no debe superarse. Un MPPT permite trabajar a las series conectadas en el valor óptimo de tensión e intensidad, se traduce como seguidor de punto de máxima potencia y permite aprovechar la potencia máxima que las series puedan generar.

El funcionamiento correcto consiste en agrupar las series que proporcionen valores de tensión e intensidad similares. El inversor hace el seguimiento continuo, para una serie

determinada, de tensión e intensidad en busca del punto óptimo de generación. Por tanto, permite generar a todas las series conectadas a la entrada con el mismo rastreo, y por ello deben de tener curvas de tensión intensidad parecidas para obtener el mayor rendimiento.

La intensidad proporcionada por las series de paneles corresponde a la de un solo módulo, y al conectarse a la misma entrada se suman todas las intensidades en el inversor. El valor máximo de intensidad del inversor debe ser superior a la suma de las intensidades de todas las entradas MPPT.



**Imagen 1.5.3. Comportamiento de tensiones e intensidades en un generador fotovoltaico.**

El inversor seleccionado consta de 4 MPPT con 8 entradas. Cada serie se conectará a una entrada de la MPPT, como se ha comentado antes, se busca que los valores de tensión e intensidad sean similares para aprovechar la potencia máxima del módulo solar. Se agruparán entonces, en cada MPPT las series que estén conformadas por el mismo número de paneles, siempre que sea posible.

En este caso se presentan dos disposiciones que pueden cumplir con los requisitos técnicos del inversor seleccionado.

- DISPOSICION 1

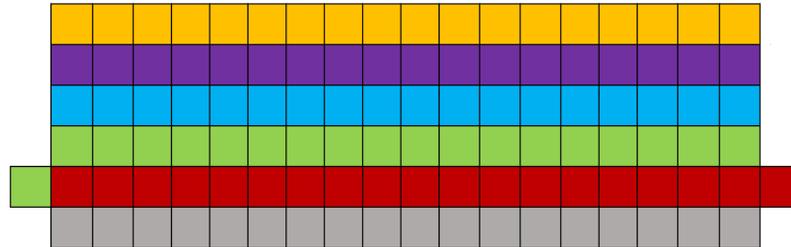


Imagen 1.5.4. Disposición 1 (4 series de 18 paneles + 2 series de 19 paneles).

| SEGUIDOR SOLAR          | Serie 1 | Serie 2 | Serie 3 | Serie 4 | Serie 5 | Serie 6 |     |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| N.º Paneles JKM400M-72H | 18      | 18      | 18      | 18      | 19      | 19      | 110 |

Tabla 1.5.2. Paneles por serie de la disposición 1,

| INVERSOR | MPPT1 | MPPT2 | MPPT3 |
|----------|-------|-------|-------|
| Serie    | 1,2   | 3,4   | 5,6   |

Tabla 1.5.3. Series por MPPT de la disposición 1.

La disposición 1 cumple con los rangos establecidos por el fabricante y podría ser una opción válida para instalar en los seguidores, sin embargo, el valor de la tensión a circuito abierto máxima se encuentra casi en el límite superior del rango de tensiones. Así mismo, el inversor dispone de 4 MPPT y con esta disposición no utilizamos todos los puntos de máximo seguimiento posibles, de manera que, en caso de haber problemas con alguna serie, como suciedad o sombras que pudiese generar algún punto caliente en el panel, la producción de energía sufrirá mayores mermas que en el caso de disponer todos los módulos repartidos en las 4 MPPT.

La hoja de especificaciones del inversor establece la tensión máxima de operación en 1000 V, sin embargo, esta disposición alcanzaría tensiones máximas de 944, 81 V en las series de 18 paneles y de 997, 3 V en las de 19 paneles. Siendo valores dentro del máximo, se

pretende diseñar una segunda disposición que establezca tensiones inferiores para un mejor funcionamiento de la instalación.

Los valores de intensidad entrarían dentro del rango adecuado para cada una de las entradas, siendo este la suma de cada una de las series que convergen en cada una. Para cada serie el valor de intensidad máxima ascendería a 10,56 A, traduciéndose en 21,12 A por MPPT.

|                            | Serie 1 | Serie 2 | Serie 3 | Serie 4 | Serie 5 | Serie 6 |   |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|
| <b>VoctotalMAX(6,38°C)</b> | 944,82  | 944,82  | 944,82  | 944,82  | 997,31  | 997,31  | V |
| <b>IscMAX(64,75°C)</b>     | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | A |

Tabla 1.5.4. Tensión máxima de circuito abierto e intensidades máximas por serie.

- DISPOSICION 2

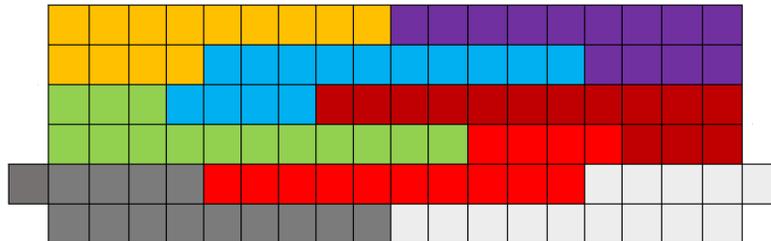


Imagen 1.5.5. Disposición 2 (2 series de 13 paneles + 6 series de 14 paneles).

| SEGUIDOR SOLAR                 | Serie 1 | Serie 2 | Serie 3 | Serie 4 | Serie 5 | Serie 6 | Serie 7 | Serie 8 |     |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| <b>N.º Paneles JKM400M-72H</b> | 13      | 13      | 14      | 14      | 14      | 14      | 14      | 14      | 110 |

Tabla 1.5.5. Paneles por serie de la disposición 2.

| INVERSOR      | MPPT1 | MPPT2 | MPPT3 | MPPT4 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Series</b> | 1,2   | 3,4   | 5,6   | 7,8   |

Tabla 1.5.6. Series por MPPT de la disposición 2.

La disposición 2 utiliza todas las entradas disponibles, y además consigue una tensión de salida por MPPT inferior a la disposición 1, ya que la primera se ajusta demasiado a los 1000 V máximos de tensión de operación por MPPT que permite el inversor, por ello se elige la disposición 2 para instalar en los seguidores solares.

En este caso la tensión de circuito abierto obtiene un valor bastante más intermedio que en el caso anterior, para las series de 14 paneles sería de 734,86 V.

Para cada serie el valor de intensidad máxima ascendería a 10,56 A, traduciéndose en 21,12 A por MPPT.

Las intensidades por MPPT no variarían respecto a la disposición 1, el valor seguiría siendo de 21,12 A, pero en este caso se utilizarían todas las MPPT disponibles de inversor.

|                            | Serie 1 | Serie 2 | Serie 3 | Serie 4 | Serie 5 | Serie 6 | Serie 7 | Serie 8 |   |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|
|                            | 13      | 13      | 14      | 14      | 14      | 14      | 14      | 14      |   |
| <b>VoctotalMAX(6,38°C)</b> | 682,37  | 682,37  | 734,86  | 734,86  | 734,86  | 734,86  | 734,86  | 734,86  | V |
| <b>IscMAX(64,75°C)</b>     | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | A |

**Tabla 1.5.7. Series por MPPT de la disposición 2.**

Los cálculos de ambas disposiciones se muestran en el apartado 2.1, de cálculos justificativos. En el primer subapartado 2.1.1 se detallan las correcciones realizadas debidas a la temperatura en la Vall d'Uixó, partiendo de las condiciones STC del panel.

El apartado 2.1.2 refleja los cálculos para determinar los inversores, dependiendo de las correcciones realizadas en el apartado 2.1.1. Realizando estos cálculos se seleccionan los inversores teniendo en cuenta que los valores máximos obtenidos se encuentren dentro de los parámetros de la hoja de especificaciones del inversor.

---

## 1.6. RED DE BAJA TENSIÓN

---

### 1.6.1. CONDUCCIONES DE BAJA TENSIÓN

El sistema de conducciones eléctricas de baja tensión está compuesto por todo el cableado empleado desde la parte de producción energética, en los seguidores solares, hasta el cuadro de baja tensión del transformador en el centro de transformación.

La selección de las diferentes secciones se ha realizado atendiendo al REBT, donde se especifican dos criterios que deben cumplir el cableado dentro de un circuito de baja tensión. El primer criterio hace referencia a la caída de tensión máxima que aparece entre el inicio y el final de cada conducción, el segundo corresponde a un criterio térmico que determina la temperatura para que la instalación no se vea dañada por elevadas temperaturas.

Los cálculos de cada cableado se detallan en el apartado 2.1.3, así como, en el apartado 5, se muestran las líneas proyectadas sobre el terreno en el plano número 3 y las conducciones de puesta a tierra en el plano número 4.

#### 1.6.1.1. CABLEADO DEL SISTEMA DE GENERACION

Para la conexión de los paneles y de las series con el inversor, se opta por poner cable TOPSOLAR PV ZZ-F retardante a la llama según UNE-EN 60332-1 y apto para instalación a la intemperie. Se trata de un cable de cobre electrolítico, clase 5 (flexible) con aislante de goma libre de halógenos y con una tensión nominal de 1,8 kV.

| PANELES-INVERSOR                       | Serie 1 | Serie 2 | Serie 3 | Serie 4 | Serie 5 | Serie 6 | Serie 7 | Serie 8 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Longitud de cada string (m)            | 15,85   | 15,85   | 10,15   | 11      | 11      | 10,15   | 15,85   | 15,85   |
| Sección calculada (mm <sup>2</sup> )   | 0,63    | 0,63    | 0,40    | 0,44    | 0,44    | 0,40    | 0,63    | 0,63    |
| Sección normalizada (mm <sup>2</sup> ) | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       |

Tabla 1.6.1. Características del cableado del sistema de generación.

A modo de homogeneizar la instalación se opta por una sección de cableado de 4 mm<sup>2</sup> para todas las series. A pesar de ser una sección mayor respecto a la calculada aporta un mejor paso de corriente y mayor resistencia frente a altas temperaturas, en caso de fallo de la instalación.

### 1.6.1.2. CABLEADO DE LOS SEGUIDORES HASTA EL CT

Las líneas de salida de los inversores de cada seguidor son líneas trifásicas que constan además de neutro. Para la protección del cableado, este se monta dentro de tubos enterrados dentro de una zanja.

Como las distancias de las líneas varían debido a la posición de cada uno de los 5 seguidores respecto el cuadro de baja tensión ubicado dentro del centro de transformación, las líneas de cada uno de ellos configuran diferentes secciones.

La sección de los tubos enterrados se va a configurar mediante la ITC-BT-21 del REBT, para la sección más restrictiva, en este caso la línea 5 determina un diámetro para los tubos de 125 mm.

| INVERSOR-CUADRO BT                     | L1    | L2    | L3    | L4    | L5     |
|--|-------|-------|-------|-------|--------|
| Longitud de cada línea (m)             | 24,95 | 54,3  | 83,95 | 83,95 | 124,77 |
| Sección calculada (mm <sup>2</sup> )   | 11,14 | 24,24 | 37,48 | 37,48 | 55,70  |
| Sección normalizada (mm <sup>2</sup> ) | 16    | 35    | 50    | 50    | 70     |

**Tabla 1.6.2. Características del cableado de las líneas de los seguidores hasta el centro de transformación.**

- L1 y L2

Cable trifásico RV-K de 4x35mm Negro

Cable de cobre flexible RV-K de 0,6/1 kV con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC. Manguera negra 4 x 35 mm<sup>2</sup> no propagadora de la llama y con baja emisión de halógenos diseñado según la normativa UNE 21123-2.

- Tensión de servicio: 1000 V.
  - Temperatura máxima de trabajo: 90 °C.
  - Presentación: Se puede adquirir en rollos o en cortes de la longitud deseada.
  - No propagación de la llama UNE-EN 60332-1-2.
  - Reducida emisión de halógenos UNE-EN 50267-2-1.
  - Resistencia a los rayos ultravioleta.
  - Resistencia a la absorción del agua.
  - Resistencia a las grasas y aceites.
  - Resistencia a los agentes químicos.
  - Resistencia al frío.
  - Cable flexible.
- L3 y L4

Cable trifásico RV-K de 4x50mm Negro

Cableado de cobre muy flexible con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC Tipo DMV-18, apropiado para instalaciones complejas y de gran dificultad. Es adecuado en trazados difíciles y puede ser enterrado o instalarse dentro de un tubo, así como a la intemperie, sin requerir protección adicional. Soporta entornos húmedos incluyendo su total inmersión en agua. Los cables RV-K 0,6/1kV son los indicados para el transporte y distribución de energía eléctrica en baja tensión.

- Temperatura Máxima: 90 °C
- Material Conductor: Cobre Electrolítico Flexible (Clase V)
- Tensión de servicio: 1000 V.
- No propagación de la llama UNE-EN 60332-1-2.
- Reducida emisión de halógenos UNE-EN 50267-2-1.

- L5

Cable trifásico RV-K de 4x70mm Negro

Cable de cobre flexible RV-K de 0,6/1 kV con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC. Manguera negra 4 x 35 mm<sup>2</sup> no propagadora de la llama y con baja emisión de halógenos diseñado según la normativa UNE 21123-2.

- Tensión de servicio: 1000 V.
- Temperatura máxima de trabajo: 90 °C.
- Presentación: Se puede adquirir en rollos o en cortes de la longitud deseada.
- No propagación de la llama UNE-EN 60332-1-2.
- Reducida emisión de halógenos UNE-EN 50267-2-1.
- Resistencia a los rayos ultravioleta.
- Resistencia a la absorción del agua.
- Resistencia a las grasas y aceites.
- Resistencia a los agentes químicos.
- Resistencia al frío.
- Cable flexible.

### 1.6.1.3. RED DE PUESTA A TIERRA

La sección de los cables de conducción de puesta a tierra se determina mediante la tabla 2 de la ITC-BT-18 del REBT.

| Sección de los conductores de fase de la instalación<br>$S$ (mm <sup>2</sup> ) | Sección mínima de los conductores de protección<br>$S_p$ (mm <sup>2</sup> ) |
|--|---|
| $S \leq 16$  | $S_p = S$   |
| $16 < S \leq 35$   | $S_p = 16$  |
| $S > 35$   | $S_p = S/2$   |

Tabla 1.6.3. Secciones mínimas de los conductores de puesta a tierra, según ITC-BT-18.

| INVERSOR-CUADRO BT                                  | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 |
|---|----|----|----|----|----|
| Sección normalizada cable de PaT (mm <sup>2</sup> ) | 16 | 16 | 25 | 25 | 35 |

Tabla 1.6.4. Secciones del cableado de puesta a tierra.

La sección de puesta a tierra más restrictiva es la sección de la línea 5, se determina una sección común de 35 mm<sup>2</sup> para todo el circuito de puesta a tierra. Además del conductor desnudo se instalan una serie de picas de 2 metros.

El conductor de cobre desnudo está construido con cobre electrolítico rígido (Clase II) según UNE-EN 60228, EN 60228 e IEC 60228.

Las picas de puesta a tierra se fabrican con calibrados cilíndricos de aceros con bajo contenido en carbono y elevada resistencia mecánica.

La gruesa capa de cobre tipo EN (100 micras) con un 99.9% de pureza, unidas molecularmente gracias al proceso electrolítico, proporcionan a la pica una gran efectividad durante muchos años.

#### 1.6.1.4. PROTECCIONES DE BAJA TENSIÓN

Como medio de protección y mando se instalan fusibles para cada una de las series de los seguidores. Estos dispositivos protegerán la instalación frente a posibles sobrecorrientes, pero también permitirán aislar parte de las series para hacer mantenimiento.

Los fusibles se ubicarán dentro de los portafusibles, en la base de los seguidores entre la serie de paneles y el inversor de corriente.

Los fusibles serán el modelo D01 CRADY 0112803 16 Amperios, de 16 A de intensidad nominal, con un poder de corte de 50 kA. Clase gG con indicador de fusión. Cumple con norma IEC60269

Dentro del centro de transformación se encuentra el cuadro de protecciones de baja tensión. El cuadro de protecciones va montado dentro de un armario marca Prisma G IP30 de 33 módulos. Cada seguidor se protege contra sobrecargas y cortocircuitos mediante un interruptor magnetotérmico, de igual forma, pero contra contactos directos o indirectos se protege a las personas con interruptores diferenciales. Las características de todos los elementos de protección se adjuntan en el apartado 6.

El interruptor diferencial elegido para las 5 líneas de los seguidores es el siguiente:

- Interruptor diferencial: DIFERENCIAL 4P 63A 300MA 380V.

La línea 1 y la línea 2 corresponden a los seguidores más próximos al centro de transformación. Para estas dos líneas el equipo a instalar es el siguiente:

- Interruptor automático líneas 1 y 2: MAGNETOTÉRMICO 4P 63A IC60N CURVA C 6 kA SCHNEIDER ELECTRIC.

El resto de líneas tienen una mayor longitud por lo que el interruptor automático elegido responde a una curva B.

- Interruptor automático líneas 3, 4 y 5: MAGNETOTÉRMICO 4P 63A IC60N CURVA B 6 kA SCHNEIDER ELECTRIC.

---

## 1.7. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

---

### 1.7.1. ANTECEDENTES

El Centro de transformación disponible en la actualidad es del tipo pfu.3 y cuenta con toda la aparamenta necesaria para un transformador de 160 kVA. Debido al aumento de

potencia, el centro de transformación se va a sustituir por un modelo pfu.5/20 con un transformador de 250 kVA.

#### 1.7.2. POTENCIA UNITARIA DEL TRANSFORMADOR Y POTENCIA TOTAL EN KVA

- Potencia del Transformador: 250 kVA

#### 1.7.3. TIPO DE TRANSFORMADOR

- Refrigeración del transformador: Aceite
- Volumen de dieléctrico transformador: 240 l

#### 1.7.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El Centro de Transformación, tipo cliente, objeto de este proyecto tiene la misión de suministrar energía, realizándose la medición de la misma en Media Tensión.

La energía será suministrada por la compañía i-DE a la tensión trifásica de 20 kV y frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida por medio de cables subterráneos.

Los tipos generales de equipos de Media Tensión empleados en este proyecto son:

- **cgmcosmos:** Celdas modulares de aislamiento y corte en gas, extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

#### 1.7.5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han tenido en cuenta todas las normativas pertinentes anteriormente indicadas en el apartado 1.4. Normativa.

Los edificios **pfu** para Centros de Transformación, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la apartada de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos edificios prefabricados es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

#### - ENVOLVENTE

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

- PLACA PISO

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

- ACCESOS

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180º) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas del Centro de Transformación. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

- VENTILACIÓN

Las rejillas de ventilación natural están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.

- ACABADO

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

- CALIDAD

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad ISO 9001.

- ALUMBRADO

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

- VARIOS

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

- CIMENTACIÓN

Para la ubicación de los edificios PFU para Centros de Transformación es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

○ **CARACTERÍSTICAS DETALLADAS**

- Nº de transformadores: 1
- Tipo de ventilación: Normal
- Puertas de acceso peatón: 2 puertas
- Dimensiones exteriores
  - Longitud: 6,08 m
  - Fondo: 2,38 m
  - Altura: 3,045 m
  - Altura vista: 2,585 m
  - Peso: 17460 kg
- Dimensiones interiores
  - Longitud: 5,9 m
  - Fondo: 2,2 m
  - Altura: 2,355 m
- Dimensiones de la excavación
  - Longitud: 6,88 m
  - Fondo: 3,18 m
  - Profundidad: 0,560 m

Nota: Estas dimensiones son aproximadas en función de la solución adoptada para el anillo de tierras.

## 1.7.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### 1.7.6.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 350 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 10,104 kA eficaces.

### 1.7.6.2. CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN

Características Generales de los Tipos de Aparamenta Empleados en la Instalación.

Tipo de celdas de media tensión: ***cgmcosmos***

Sistema de celdas de Media Tensión modulares bajo envolvente metálica de aislamiento integral en gas SF6 de acuerdo a la normativa UNE-EN 62271-200 para instalación interior, clase -5 °C según IEC 62271-1, hasta una altitud de 2000 m sobre el nivel del mar sin mantenimiento con las siguientes características generales estándar:

#### - **Construcción**

Cuba de acero inoxidable de sistema de presión sellado, según IEC 62271-1, conteniendo los elementos del circuito principal sin necesidad de reposición de gas durante 30 años.

3 divisores capacitivos de 24 kV.

Bridas de sujeción de cables de Media Tensión diseñadas para aguantar los cables unipolares de hasta 630 mm<sup>2</sup> y para soportar los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito.

Alta resistencia a la corrosión, soportando 150 h de niebla salina en el mecanismo de maniobra según norma ISO 7253.

#### - **Seguridad**

Enclavamientos propios que no permiten acceder al compartimento de cables hasta haber conectado la puesta de tierra, ni maniobrar el equipo con la tapa del compartimento de cables retirada. Del mismo modo, el interruptor y el seccionador de puesta a tierra no pueden estar conectados simultáneamente.

Enclavamientos por candado independientes para los ejes de maniobra del interruptor y de seccionador de puesta a tierra, no pudiéndose retirar la tapa del compartimento de mecanismo de maniobras con los candados colocados.

Posibilidad de instalación de enclavamientos por cerradura independientes en los ejes de interruptor y de seccionador de puesta a tierra.

El equipo está preparado para mantener servicio en el bucle de Media Tensión en caso de una inundación eventual de la instalación soportando ensayo de 3 m de columna de agua durante 24 h.

#### *Grados de Protección:*

- Celda / Mecanismos de Maniobra: IP 2XD según EN 60529
- Cuba: IP X7 según EN 60529

- Protección a impactos en:
  - cubiertas metálicas: IK 08 según EN 5010
  - cuba: IK 09 según EN 5010

**- Conexión de cables**

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

**- Enclavamientos**

Los enclavamientos incluidos en todas las celdas **cgmcosmos** permiten que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

**- Características eléctricas**

Las características generales de las celdas **cgmcosmos** son las siguientes:

- Tensión nominal: 24 kV
- Nivel de aislamiento:
- Frecuencia industrial (1 min):
  - a tierra y entre fases 50 kV
  - a la distancia de seccionamiento 60 kV

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| · Impulso tipo rayo:             |        |
| a tierra y entre fases           | 125 kV |
| a la distancia de seccionamiento | 145 kV |

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

### 1.7.6.3. CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA APARAMENTA MEDIA TENSIÓN Y DEL TRANSFORMADOR

- Remonte a Protección General: ***cgmcosmos-rc Celda remonte de cables***

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda **cgmcosmos-rc** de remonte está constituida por un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite efectuar el remonte de cables desde la parte inferior a la parte superior de las celdas **cgmcosmos**.

Esta celda se unirá mecánicamente a las adyacentes para evitar el acceso a los cables.

- Características eléctricas:

|                      |       |
|----------------------|-------|
| · Tensión asignada:  | 24 kV |
| · Clasificación IAC: | AFL   |

- Características físicas:

|          |         |
|----------|---------|
| · Ancho: | 0,365 m |
| · Fondo: | 1,740 m |
| · Alto:  | 0,735 m |
| · Peso:  | 40 kg   |

- Protección General: **cgmcosmos-p Protección fusibles**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda **cgmcosmos-p** de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una de alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekor.sas, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

o Características eléctricas:

|  |        |
|--|--------|
| · Tensión asignada:                                      | 24 kV  |
| · Intensidad asignada en el embarrado:                   | 400 A  |
| · Intensidad asignada en la derivación:                  | 200 A  |
| · Intensidad fusibles:                                   | 3x25 A |
| · Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:            | 16 kA  |
| · Intensidad de corta duración (1 s), cresta:            | 40 kA  |
| · Nivel de aislamiento:                                  |        |
| Frecuencia industrial (1 min)<br>a tierra y entre fases: | 50 kV  |

Impulso tipo rayo  
a tierra y entre fases (cresta): 125 kV

Capacidad de cierre (cresta): 40 kA

· Capacidad de corte

Corriente principalmente activa: 400 A

· Clasificación IAC: AFL

○ Características físicas:

· Ancho: 0,470 m  
· Fondo: 0,735 m  
· Alto: 1,740 m  
· Peso: 140 kg

○ Otras características constructivas:

· Mando posición con fusibles: manual tipo BR  
· Combinación interruptor-fusibles: combinados  
· Relé de protección: ekor.rpt-101<sup>a</sup>

- Medida: ***cgmcosmos-m Medida***

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda **cgmcosmos-m** de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

- Características eléctricas:

- Tensión asignada: 24 kV
- Clasificación IAC: AFL

- Características físicas:

- Ancho: 0,800 m
- Fondo: 1,025 m
- Alto: 1,740 m
- Peso: 165 kg

- Otras características constructivas:

Transformadores de medida: 3 TT y 3 TI

De aislamiento seco y contruidos atendiendo a las correspondientes normas UNE y CEI, con las siguientes características:

- Transformadores de tensión

Relación de transformación:  $22000/\sqrt{3}-110/\sqrt{3}$  V

Sobretensión admisible en permanencia: 1,2 Un en permanencia y 1,9 Un durante 8 horas

Medida

· Potencia: 15 VA

· Clase de precisión: 0,5

- Transformadores de intensidad

|   |                   |
|---|-------------------|
| Relación de transformación:               | 5 - 10/5 A        |
| Intensidad térmica:                       | 80 In (mín. 5 kA) |
| Sobreintensidad admisible en permanencia: | Fs <= 5           |
| Medida                                    |                   |
| · Potencia:                               | 15 VA             |
| · Clase de precisión:                     | 0,5 s             |

- Transformador

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas en el apartado 1.4. Normativa, de marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 250 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

- Otras características constructivas:

|  |                              |
|--|------------------------------|
| · Regulación en el primario:               | + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 % |
| · Tensión de cortocircuito (Ecc):          | 4%                           |
| · Grupo de conexión:                       | Dyn11                        |
| · Protección incorporada al transformador: | Termómetro                   |

#### 1.7.6.4. CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LOS CUADROS DE BAJA TENSIÓN

Cuadros BT - B2 Transformador 1: **Interruptor en carga + Fusibles**

El Cuadro de Baja Tensión (CBT), es un conjunto de aparata de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

El cuadro tiene las siguientes características:

- Interruptor manual de corte en carga de 400 A.

- 1 salida formadas por bases portafusibles.
- Interruptor diferencial bipolar de 25 A, 30 mA.
- Base portafusible de 32 A y cartucho portafusible de 20 A.
- Base enchufe bipolar con toma de tierra de 16 A/ 250 V.
- Bornas (alimentación a alumbrado) y pequeño material.
- Características eléctricas:

Tensión asignada: 440 V

Nivel de aislamiento:

Frecuencia industrial (1 min)

a tierra y entre fases: 10 kV

entre fases: 2,5 kV

Impulso tipo rayo:

a tierra y entre fases: 20 kV

Dimensiones:

Altura: 0,73 m

Anchura: 0,36 m

Fondo: 0,265 m

#### 1.7.6.5. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VARIO DE MEDIA TENSIÓN Y BAJA TENSIÓN

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

- Interconexiones de MT:

Puentes MT Transformador: **Cables MT 12/20 kV**

Cables MT 12/20 kV del tipo HEPRZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al.

La terminación al transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK 224.

- Interconexiones de BT:

Puentes BT - B2 Transformador: **Puentes transformador-cuadro**

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1 x 240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 2 x Fase + 1 x Neutro.

- Defensa de transformadores:

Defensa de Transformador: **Protección física transformador**

Protección metálica para defensa del transformador.

Cerradura enclavada con la celda de protección correspondiente.

- Equipos de iluminación:

Iluminación Edificio de Transformación: **Equipo de iluminación**

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

### 1.7.6.6. UNIDADES DE PROTECCIÓN, AUTOMATISMOS Y CONTROL

Unidad de Protección: **ekor.rpt**

Unidad digital de protección desarrollada para su aplicación en la función de protección de transformadores. Aporta a la protección de fusibles protección contra sobrecargas y defectos fase-tierra de bajo valor. Es autoalimentado a partir de 5 A a través de transformadores de intensidad toroidales, comunicable y configurable por software con histórico de disparos.

- Características:

- Rango de potencias: 50 kVA - 2500 kVA
- Funciones de Protección:
  - Sobreintensidad
  - Fases (3 x 50/51)
  - Neutro (50N / 51N)
  - Neutro Sensible (50Ns / 51Ns)
  - Disparo exterior: Función de protección (49T)
  - Detección de faltas a tierra desde 0,5 A
  - Bloqueo de disparo interruptor: 1200 A y 300 A
  - Evita fusiones no seguras de fusibles (zona I3)
  - Posibilidad de pruebas por primario y secundario
  - Configurable por software (RS-232) y comunicable (RS-485)
  - Histórico de disparos
  - Medidas de intensidad: I1, I2, I3 e Io
  - Opcional con control integrado (alimentación auxiliar)

- Elementos:

Relé electrónico que dispone en su carátula frontal de teclas y display digital para realizar el ajuste y visualizar los parámetros de protección, medida y control. Para la comunicación dispone de un puerto frontal RS232 y en la parte trasera un puerto RS485 (5 kV).

Los sensores de intensidad son transformadores toroidales que tienen una relación de 300 A / 1 A. Para la opción de protección homopolar ultrasensible se coloca un toroidal

adicional que abarca las tres fases. En el caso de que el equipo sea autoalimentado (desde 5 A por fase) se debe colocar 1 sensor adicional por fase.

La tarjeta de alimentación acondiciona la señal de los transformadores de autoalimentación y la convierte en una señal de CC para alimentar el relé de forma segura. Dispone de una entrada de 230 Vca para alimentación auxiliar exterior con un nivel de aislamiento de 10 kV.

El disparador biestable es un actuador electromecánico de bajo consumo integrado en el mecanismo de maniobra del interruptor.

- Otras características:

I<sub>th</sub>/I<sub>din</sub> = 20 kA /50 kA  
Temperatura = -10 °C a 60 °C  
Frecuencia = 50 Hz; 60 Hz ± 1 %

- Ensayos:

- De aislamiento según 60255-5
- CEI 60255-22-X, CEI 61000-4-X y EN 50081-2/55011
- Climáticos según CEI 60068-2-X
- Mecánicos según CEI 60255-21-X
- De potencia según CEI 60265 y CEI 60056

Así mismo este producto cumple con la directiva de la Unión Europea sobre compatibilidad electromagnética 89/336/EEC y con la CEI 60255. Esta conformidad es resultado de un ensayo realizado según el artículo 10 de la directiva, y recogido en el protocolo B131-01-69-EE acorde a las normas genéricas EN 50081 y EN 50082.

### 1.7.7. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El conjunto consta de un contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.

## 1.7.8. PUESTA A TIERRA

### 1.7.8.1. TIERRA DE PROTECCIÓN

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc, así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

### 1.7.8.2. TIERRA DE SERVICIO

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

## 1.7.9. INSTALACIONES SECUNDARIAS

### - Alumbrado

El interruptor se situará al lado de la puerta de entrada, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la MT.

El interruptor accionará los puntos de luz necesarios para la suficiente y uniforme iluminación de todo el recinto del centro.

- Protección contra incendios

Si va a existir personal itinerante de mantenimiento no se exige que en el Centro de Transformación haya un extintor. En caso contrario, se incluirá un extintor de eficacia 89B. Este extintor deberá colocarse siempre que sea posible en el exterior de la instalación para facilitar su accesibilidad y, en cualquier caso, a una distancia no superior a 15 metros de la misma.

Si existe un personal itinerante de mantenimiento con la misión de vigilancia y control de varias instalaciones que no dispongan de personal fijo, este personal itinerante deberá llevar, como mínimo, en sus vehículos dos extintores de eficacia 89 B, no siendo preciso en este caso la existencia de extintores en los recintos que estén bajo su vigilancia y control.

- Armario de primeros auxilios

El Centro de Transformación cuenta con un armario de primeros auxilios.

- Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

2- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

3- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

4- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

#### 1.7.10. LIMITACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS

De acuerdo al apartado 4.7 de la ITC-RAT 14 del RD 337/2014, se debe comprobar que no se supera el valor establecido en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre.

Mediante ensayo tipo se comprueba que los centros de transformación de Ormazabal especificados en este proyecto no superan los siguientes valores del campo magnético a 200 mm del exterior del centro de transformación, según el Real Decreto 1066/2001:

- Inferior a 100  $\mu$ T para el público en general
- Inferior a 500  $\mu$ T para los trabajadores (medido a 200 mm de la zona de operación)

Dicho ensayo tipo se realiza de acuerdo al Technical Report IEC/TR 62271-208, indicado en la norma de obligado cumplimiento UNE-EN 62271-202 como método válido de ensayo para la evaluación de campos electromagnéticos en centros de transformación prefabricados de alta/baja tensión.

En el caso específico en el que los centros de transformación se encuentren ubicados en edificios habitables o anexos a los mismos, se observarán las siguientes condiciones de diseño:

- a) Las entradas y salidas al centro de transformación de la red de alta tensión se efectuarán por el suelo y adoptarán una disposición en triángulo y formando ternas.
- b) La red de baja tensión se diseñará igualmente con el criterio anterior.
- c) Se procurará que las interconexiones sean lo más cortas posibles y se diseñarán evitando paredes y techos colindantes con viviendas.
- d) No se ubicarán cuadros de baja tensión sobre paredes medianeras con locales habitables y se procurará que el lado de conexión de baja tensión del transformador quede lo más alejado de estos locales.

---

## 1.8. BALANCE ENERGÉTICO

---

La rentabilidad del proyecto viene determinada por la energía que la planta fotovoltaica pueda producir en base a la inversión realizada. El diseño de la central se ha realizado para maximizar la captación de energía, empleando seguidores solares en ambos ejes y reemplazando los paneles anteriores por unos de potencia superior.

La generación de energía pretende ser una fuente de inversión que genere beneficios económicos para cubrir las necesidades de la planta y además sirva como activo para los socios de la cooperativa.

Mediante la herramienta PVGIS (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM) se ha realizado un estudio estimado de la energía que puede llegar a generarse en el emplazamiento. El proyecto PVGIS se compone de una serie de estudios de investigación en evaluación de recursos solares, estudios de rendimiento fotovoltaico (PV) y la difusión de conocimientos y datos sobre energía solar, radiación y rendimiento fotovoltaico.

Por otra parte, se ha tenido acceso a las facturas de electricidad en un periodo de un año y con estos datos se procede a determinar, de manera orientativa, la cantidad de energía producida que va a destinarse a cubrir las necesidades energéticas de la parcela y cuál va a ser el excedente para vertido a la red.

### 1.8.1. CONSUMO ENERGETICO DE LA COOPERATIVA

La tarifa contratada responde a los siguientes datos de suministro:

Tipo discriminación horaria: 3P

Potencia contratada: PP: 50 kW PLL: 110 kW PV: 210 kW

Peaje de acceso a la red (ATR): 3.1A

|                      |       |         |       |       |      |       |       |
|----------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|
| Consumo medio diario | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | Se ha |
|----------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|

tenido acceso a las facturas de electricidad de todo el año 2019, conociendo estos consumos, se procede a determinarlos mensualmente para poder compararlos con los datos del informe de PVGIS.

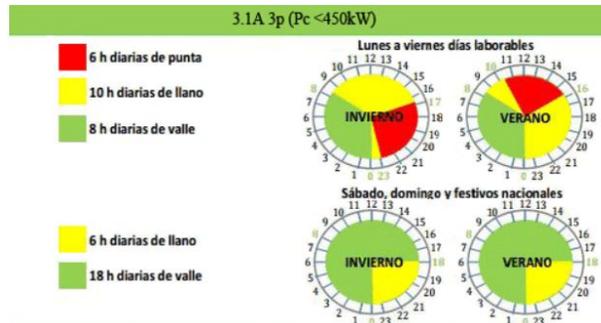


Imagen 1.8.1. Periodos horarios tarifa Iberdrola 3.1 A de tres periodos.

| FACTURAS | ENERO                   | ENERO/FEBRERO           | FEBRERO/MARZO           | MARZO/ABRIL             | ABRIL/MAYO              |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Periodo  | 31/12/2018-11/01/2019   | 11/01/2019 - 11/02/2019 | 11/02/2019 - 08/03/2019 | 08/03/2019 - 08/04/2019 | 08/04/2019 - 09/05/2019 |
| Días     | 11                      | 31                      | 25                      | 31                      | 31                      |
| P (kWh)  | 187,39                  | 518,00                  | 431,00                  | 496,00                  | 524,00                  |
| LL (kWh) | 323,32                  | 1595,00                 | 1076,00                 | 1135,00                 | 1241,00                 |
| V (kWh)  | 518,18                  | 1507,00                 | 914,00                  | 2360,00                 | 1752,00                 |
|          | MAYO/JUNIO              | JUNIO                   | JUNIO                   | JUNIO/JULIO             | JULIO/AGOSTO            |
| Periodo  | 09/05/2019 - 11/06/2019 | 11/06/2019- 19/06/2019  | 19/06/2019 - 28/06/2019 | 28/06/2019 - 11/07/2019 | 11/07/2019 - 15/08/2019 |
| Días     | 33                      | 8                       | 9                       | 13                      | 35                      |
| P (kWh)  | 497,00                  | 135,47                  | 152,40                  | 220,13                  | 706,00                  |
| LL (kWh) | 1322,00                 | 346,13                  | 389,40                  | 562,47                  | 2097,00                 |
| V (kWh)  | 5816,00                 | 2412,80                 | 2714,40                 | 3920,80                 | 11222,00                |
|          | AGOSTO/SEPTIEMBRE       | SEPTIEMBRE              | OCTUBRE                 | NOVIEMBRE               | DICIEMBRE               |
| Periodo  | 15/08/2019 - 13/09/2019 | 13/09/2019 - 30/09/2019 | 30/09/19 – 31/10/19     | 31/10/19 - 30/11/19     | 30/11/19 – 31/12/19     |
| Días     | 29                      | 17                      | 31                      | 30                      | 31                      |
| P (kWh)  | 857,00                  | 255                     | 496                     | 495                     | 514,6                   |
| LL (kWh) | 1728,00                 | 680                     | 1178                    | 1170                    | 1085                    |
| V (kWh)  | 7420,00                 | 3400                    | 4030                    | 1200                    | 1302                    |

Tabla 1.8.1. Facturas de consumo de electricidad de la Punta Coop.

|                     |              |               |                   |                |                  |                  |
|---------------------|--------------|---------------|-------------------|----------------|------------------|------------------|
| <b>P (kWh/día)</b>  | 17,04        | 16,71         | 17,24             | 16,00          | 16,90            | 15,06            |
| <b>LL (kWh/día)</b> | 29,39        | 51,45         | 43,04             | 36,61          | 40,03            | 40,06            |
| <b>V (kWh/día)</b>  | 47,11        | 48,61         | 36,56             | 76,13          | 56,52            | 176,24           |
|                     | <b>JULIO</b> | <b>AGOSTO</b> | <b>SEPTIEMBRE</b> | <b>OCTUBRE</b> | <b>NOVIEMBRE</b> | <b>DICIEMBRE</b> |
| <b>P (kWh/día)</b>  | 16,93        | 16,93         | 16,93             | 20,17          | 29,55            | 15               |
| <b>LL (kWh/día)</b> | 43,27        | 43,27         | 43,27             | 59,91          | 59,59            | 40               |
| <b>V (kWh/día)</b>  | 301,60       | 301,60        | 301,60            | 320,63         | 255,86           | 200              |

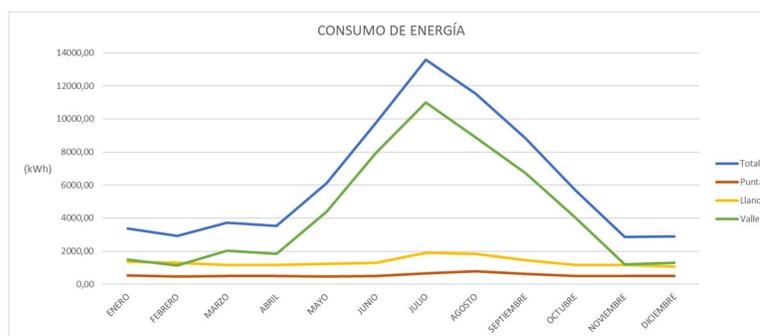
Tabla 1.8.2. Consumos medios diarios, estimados.

Estos consumos medios se realizan de manera que se puedan comparar los datos de consumos con los datos de generación, que posteriormente se introducirán, pues el informe de PVGIS establece los datos mensualmente.

Ahora se calcula de manera aproximada los consumos mensuales, con un día medio y la cantidad de días por mes, dando resultado la tabla 1.8.3.

| Consumo energía | ENERO        | FEBRERO       | MARZO             | ABRIL          | MAYO             | JUNIO            |
|-----------------|--------------|---------------|-------------------|----------------|------------------|------------------|
| <b>P (kWh)</b>  | 521,58       | 476,89        | 505,92            | 499,87         | 483,46           | 504,34           |
| <b>LL (kWh)</b> | 1352,35      | 1297,65       | 1186,42           | 1173,61        | 1241,62          | 1306,00          |
| <b>V (kWh)</b>  | 1490,44      | 1156,26       | 2043,45           | 1852,39        | 4385,98          | 7970,67          |
|                 | <b>JULIO</b> | <b>AGOSTO</b> | <b>SEPTIEMBRE</b> | <b>OCTUBRE</b> | <b>NOVIEMBRE</b> | <b>DICIEMBRE</b> |
| <b>P (kWh)</b>  | 670,38       | 775,40        | 639,17            | 496,00         | 495,00           | 514,60           |
| <b>LL (kWh)</b> | 1913,88      | 1852,09       | 1454,62           | 1178,00        | 1170,00          | 1085,00          |
| <b>V (kWh)</b>  | 11012,69     | 8903,22       | 6726,21           | 4030,00        | 1200,00          | 1302,00          |

Tabla 1.8.3. Consumos mensuales de la Punta Coop.



Grafica 1.8.1. Generación de energía.

## 1.8.2. ENERGIA GENERADA

La energía generada estimada se muestra en la tabla 1.8.1, calculada mediante PVGIS para un sistema con seguidores solares y 220 kWp de potencia instalada. Las pérdidas del sistema se muestran en el apartado 2.1.1 y se han tenido en cuenta a la hora de hacer este estudio.

Al disponer de los seguidores, se maximiza la energía obtenida debido a que estos siempre van a seguir el punto de mayor captación tanto en el periodo estival como en los meses de invierno. En el apartado 6 se muestra el informe detallado, generado por PVGIS.

|            | Producción energía<br>(kWh) |
|------------|-----------------------------|
| ENERO      | 31438,4                     |
| FEBRERO    | 32006,86                    |
| MARZO      | 40375,85                    |
| ABRIL      | 43958,55                    |
| MAYO       | 49660,99                    |
| JUNIO      | 51634,74                    |
| JULIO      | 53368,34                    |
| AGOSTO     | 49577,53                    |
| SEPTIEMBRE | 40288,82                    |
| OCTUBRE    | 35150,1                     |
| NOVIEMBRE  | 29927,91                    |
| DICIEMBRE  | 28865,51                    |
| ANUAL      | 486253,60                   |

Tabla 1.8.4. Generación de energía total de la instalación de la Punta Coop.

Parte de esta energía va a ser utilizada directamente para el sistema de riego y los demás gastos de la parcela, pero el excedente se va a verter a la red con la consiguiente retribución. Para conocer la cantidad de energía excedentaria se analizan las facturas del consumo de electricidad del apartado anterior, para saber el consumo estimado dentro de un año natural, y se determina que cantidad de energía no puede ser vertida.

El informe de PVGIS solamente muestra la energía generada mensualmente, por tanto, haciendo uso de la misma herramienta se obtienen datos horarios de la irradiancia sobre el terreno.

Debido a la latitud de la parcela los ángulos en los que la generación es máxima son de  $21^\circ$  para los meses de verano y  $57^\circ$  para los de invierno. El seguidor solar oscilara su inclinación entre estos dos ángulos para captar lo más perpendicularmente posible la irradiancia sobre su superficie.

El objetivo es indicar que porcentaje de la energía mensual de la tabla 1.8.4 corresponde con cada periodo horario de la imagen 1.8.1. Para ello se construye la tabla 1.8.5 y después se establece el porcentaje dividiendo la irradiación de cada periodo entre la irradiación total.

Se establece la relación entre la irradiancia ( $W/m^2$ ) y las HSP ( $W/m^2$ ), las cuales miden el tiempo en horas en el cual incidiría una irradiancia solar constante de  $1000 W/m^2$ . La superficie de captación permanece constante para todos los periodos en cualquier mes del año, así pues, la energía generada (kWh) quedaría relacionada directamente con el porcentaje calculado y podría utilizarse como un indicativo de la energía recogida para cada periodo.

Se asume para la estimación como todos los días del mes recibirían la misma cantidad de energía.

Todos los informes de irradiancia aparecen detallados en el apartado 6.

El código de colores de la tabla 1.8.5 es el siguiente:

- Amarillo: Periodo Llano
- Naranja: Periodo Punta
- Verde: Periodo Valle

| IRRADIANCIA<br>(W/m <sup>2</sup> ) | ENERO   |        |        |
|------------------------------------|---------|--------|--------|
| Hora<br>(UTC+1)                    | G(n)    | Gb(n)  | Gd(n)  |
| 0:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 1:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 2:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 3:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 4:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 5:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 6:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 7:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 8:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 9:00                               | 404,82  | 321,89 | 76,15  |
| 10:00                              | 579,81  | 448,76 | 116,42 |
| 11:00                              | 681,19  | 526,49 | 135,92 |
| 12:00                              | 731,67  | 562,24 | 149,12 |
| 13:00                              | 741,43  | 569,96 | 151,04 |
| 14:00                              | 737,39  | 565,74 | 151,32 |
| 15:00                              | 689,12  | 529,68 | 140,56 |
| 16:00                              | 604,46  | 466,85 | 122,65 |
| 17:00                              | 328,6   | 254,09 | 67,93  |
| 18:00                              | 0,02    | 0      | 0,01   |
| 19:00                              | 0       | 0      | 0      |
| 20:00                              | 0       | 0      | 0      |
| 21:00                              | 0       | 0      | 0      |
| 22:00                              | 0       | 0      | 0      |
| 23:00                              | 0       | 0      | 0      |
|                                    | FEBRERO |        |        |
| Hora<br>(UTC+1)                    | G(n)    | Gb(n)  | Gd(n)  |
| 0:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 1:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 2:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 3:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 4:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 5:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 6:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 7:00                               | 0       | 0      | 0      |
| 8:00                               | 70,48   | 57,06  | 12,36  |
| 9:00                               | 453,94  | 341,54 | 101,53 |
| 10:00                              | 618,87  | 464,68 | 136,84 |
| 11:00                              | 708,12  | 530,64 | 157,83 |
| 12:00                              | 753,81  | 563,26 | 170,69 |

| 13:00           | 779,04 | 584,9  | 174,36 |
|-----------------|--------|--------|--------|
| 14:00           | 767,58 | 574,31 | 173,26 |
| 15:00           | 723,94 | 540,61 | 163,3  |
| 16:00           | 662,68 | 496,28 | 147,84 |
| 17:00           | 556,59 | 420,25 | 122,95 |
| 18:00           | 153,14 | 116,83 | 33,55  |
| 19:00           | 0      | 0      | 0      |
| 20:00           | 0      | 0      | 0      |
| 21:00           | 0      | 0      | 0      |
| 22:00           | 0      | 0      | 0      |
| 23:00           | 0      | 0      | 0      |
| MARZO           |        |        |        |
| Hora<br>(UTC+1) | G(n)   | Gb(n)  | Gd(n)  |
| 0:00            | 0      | 0      | 0      |
| 1:00            | 0      | 0      | 0      |
| 2:00            | 0      | 0      | 0      |
| 3:00            | 0      | 0      | 0      |
| 4:00            | 0      | 0      | 0      |
| 5:00            | 0      | 0      | 0      |
| 6:00            | 0      | 0      | 0      |
| 7:00            | 2,36   | 1,88   | 0,42   |
| 8:00            | 344,05 | 249,2  | 86,63  |
| 9:00            | 559,12 | 400,42 | 142,61 |
| 10:00           | 682,36 | 487,73 | 175,56 |
| 11:00           | 768,97 | 558,89 | 191,47 |
| 12:00           | 806,26 | 584,2  | 205,24 |
| 13:00           | 803,54 | 577,49 | 210,37 |
| 14:00           | 803,74 | 578,5  | 208,42 |
| 15:00           | 768,67 | 550,7  | 199,17 |
| 16:00           | 697,24 | 495,95 | 181,71 |
| 17:00           | 578,01 | 413,53 | 147,95 |
| 18:00           | 400,49 | 291,08 | 100,37 |
| 19:00           | 0,31   | 0      | 0,24   |
| 20:00           | 0      | 0      | 0      |
| 21:00           | 0      | 0      | 0      |
| 22:00           | 0      | 0      | 0      |
| 23:00           | 0      | 0      | 0      |
| ABRIL           |        |        |        |
| Hora<br>(UTC+1) | G(n)   | Gb(n)  | Gd(n)  |
| 0:00            | 0      | 0      | 0      |
| 1:00            | 0      | 0      | 0      |
| 2:00            | 0      | 0      | 0      |
| 3:00            | 0      | 0      | 0      |

|                 |        |        |        |
|-----------------|--------|--------|--------|
| 4:00            | 0      | 0      | 0      |
| 5:00            | 0      | 0      | 0      |
| 6:00            | 0      | 0      | 0      |
| 7:00            | 246,24 | 177,04 | 63,43  |
| 8:00            | 509,95 | 357,19 | 137,92 |
| 9:00            | 656,07 | 458,44 | 178,95 |
| 10:00           | 766,22 | 546,31 | 201,85 |
| 11:00           | 815,71 | 578,14 | 223,07 |
| 12:00           | 851,88 | 608,29 | 232,38 |
| 13:00           | 833,33 | 585,99 | 237,45 |
| 14:00           | 820,49 | 575,43 | 233,31 |
| 15:00           | 806,27 | 563,97 | 226,48 |
| 16:00           | 701,58 | 482,22 | 201,26 |
| 17:00           | 609,44 | 421,59 | 169,87 |
| 18:00           | 465,5  | 326,58 | 125,97 |
| 19:00           | 138,56 | 98,12  | 37,32  |
| 20:00           | 0      | 0      | 0      |
| 21:00           | 0      | 0      | 0      |
| 22:00           | 0      | 0      | 0      |
| 23:00           | 0      | 0      | 0      |
|                 | MAYO   |        |        |
| Hora<br>(UTC+1) | G(n)   | Gb(n)  | Gd(n)  |
| 0:00            | 0      | 0      | 0      |
| 1:00            | 0      | 0      | 0      |
| 2:00            | 0      | 0      | 0      |
| 3:00            | 0      | 0      | 0      |
| 4:00            | 0      | 0      | 0      |
| 5:00            | 0      | 0      | 0      |
| 6:00            | 77,03  | 58,93  | 16,57  |
| 7:00            | 399,56 | 277,42 | 111,02 |
| 8:00            | 586,99 | 408,24 | 161,46 |
| 9:00            | 719,03 | 501,12 | 199,15 |
| 10:00           | 804,39 | 570,5  | 218,16 |
| 11:00           | 842,45 | 606,19 | 225,68 |
| 12:00           | 876,67 | 636,17 | 233,88 |
| 13:00           | 888,92 | 645,62 | 237,68 |
| 14:00           | 862,16 | 619,79 | 234,36 |
| 15:00           | 814,62 | 579,44 | 222,62 |
| 16:00           | 752,36 | 521,75 | 213,58 |
| 17:00           | 673,92 | 471,54 | 183,57 |
| 18:00           | 541,44 | 376,17 | 149,49 |
| 19:00           | 316,09 | 221,75 | 86,79  |
| 20:00           | 0,21   | 0      | 0,17   |
| 21:00           | 0      | 0      | 0      |

| 22:00           | 0      | 0      | 0      |
|-----------------|--------|--------|--------|
| 23:00           | 0      | 0      | 0      |
| JUNIO           |        |        |        |
| Hora<br>(UTC+1) | G(n)   | Gb(n)  | Gd(n)  |
| 0:00            | 0      | 0      | 0      |
| 1:00            | 0      | 0      | 0      |
| 2:00            | 0      | 0      | 0      |
| 3:00            | 0      | 0      | 0      |
| 4:00            | 0      | 0      | 0      |
| 5:00            | 0      | 0      | 0      |
| 6:00            | 157,5  | 113,48 | 40,65  |
| 7:00            | 461,48 | 320,79 | 127,82 |
| 8:00            | 658,76 | 463,49 | 176,44 |
| 9:00            | 765,43 | 540,96 | 205,35 |
| 10:00           | 850,27 | 622,24 | 212,63 |
| 11:00           | 892,13 | 663,33 | 219,05 |
| 12:00           | 904,13 | 674,13 | 224,9  |
| 13:00           | 922,83 | 699,38 | 219,65 |
| 14:00           | 909,69 | 679,4  | 224,03 |
| 15:00           | 883,8  | 645,66 | 226,66 |
| 16:00           | 840,95 | 604,3  | 219,52 |
| 17:00           | 744,33 | 524,78 | 199,81 |
| 18:00           | 616,47 | 429,62 | 169    |
| 19:00           | 416,32 | 290,91 | 114,72 |
| 20:00           | 4,56   | 0      | 3,64   |
| 21:00           | 0      | 0      | 0      |
| 22:00           | 0      | 0      | 0      |
| 23:00           | 0      | 0      | 0      |
| JULIO           |        |        |        |
| Hora<br>(UTC+1) | G(n)   | Gb(n)  | Gd(n)  |
| 0:00            | 0      | 0      | 0      |
| 1:00            | 0      | 0      | 0      |
| 2:00            | 0      | 0      | 0      |
| 3:00            | 0      | 0      | 0      |
| 4:00            | 0      | 0      | 0      |
| 5:00            | 0      | 0      | 0      |
| 6:00            | 79,58  | 61,12  | 16,85  |
| 7:00            | 436,06 | 307,23 | 117,25 |
| 8:00            | 623,18 | 437,07 | 168,03 |
| 9:00            | 765,09 | 549,14 | 196,25 |
| 10:00           | 850,17 | 628,84 | 204,82 |
| 11:00           | 896,99 | 679,67 | 206,25 |
| 12:00           | 927,97 | 723,7  | 197,88 |

| 13:00           | 936,92 | 734,19 | 198,02 |
|-----------------|--------|--------|--------|
| 14:00           | 934,23 | 726,33 | 200,97 |
| 15:00           | 917,19 | 702,5  | 202,6  |
| 16:00           | 865,76 | 650,62 | 197,65 |
| 17:00           | 787,18 | 577,66 | 189,15 |
| 18:00           | 655,08 | 468,38 | 168,27 |
| 19:00           | 453,01 | 319,95 | 121,9  |
| 20:00           | 3,77   | 0      | 3,01   |
| 21:00           | 0      | 0      | 0      |
| 22:00           | 0      | 0      | 0      |
| 23:00           | 0      | 0      | 0      |
| AGOSTO          |        |        |        |
| Hora<br>(UTC+1) | G(n)   | Gb(n)  | Gd(n)  |
| 0:00            | 0      | 0      | 0      |
| 1:00            | 0      | 0      | 0      |
| 2:00            | 0      | 0      | 0      |
| 3:00            | 0      | 0      | 0      |
| 4:00            | 0      | 0      | 0      |
| 5:00            | 0      | 0      | 0      |
| 6:00            | 0      | 0      | 0      |
| 7:00            | 313,23 | 223,16 | 82,55  |
| 8:00            | 557,45 | 395,19 | 146,22 |
| 9:00            | 701,26 | 500,51 | 181,42 |
| 10:00           | 798,93 | 585,65 | 195,51 |
| 11:00           | 858,09 | 642,86 | 201,61 |
| 12:00           | 891,12 | 674,95 | 206,45 |
| 13:00           | 908,22 | 692,33 | 207,47 |
| 14:00           | 916,12 | 707,66 | 197,86 |
| 15:00           | 886,58 | 674,91 | 196,68 |
| 16:00           | 833,13 | 620,86 | 193,03 |
| 17:00           | 762,16 | 563,01 | 178,5  |
| 18:00           | 602,99 | 436,17 | 150,57 |
| 19:00           | 326,66 | 234,21 | 85,71  |
| 20:00           | 0      | 0      | 0      |
| 21:00           | 0      | 0      | 0      |
| 22:00           | 0      | 0      | 0      |
| 23:00           | 0      | 0      | 0      |
| SEPTIEMBRE      |        |        |        |
| Hora<br>(UTC+1) | G(n)   | Gb(n)  | Gd(n)  |
| 0:00            | 0      | 0      | 0      |
| 1:00            | 0      | 0      | 0      |
| 2:00            | 0      | 0      | 0      |
| 3:00            | 0      | 0      | 0      |

| 4:00            | 0      | 0      | 0      |
|-----------------|--------|--------|--------|
| 5:00            | 0      | 0      | 0      |
| 6:00            | 0      | 0      | 0      |
| 7:00            | 150,6  | 112,42 | 35,23  |
| 8:00            | 467,53 | 331,72 | 122,91 |
| 9:00            | 632,24 | 446,61 | 167,27 |
| 10:00           | 739,18 | 532,43 | 187,82 |
| 11:00           | 810,39 | 589,85 | 203,63 |
| 12:00           | 833,12 | 611,72 | 207,08 |
| 13:00           | 846,99 | 620,95 | 212,19 |
| 14:00           | 827,51 | 598,16 | 213,84 |
| 15:00           | 774,23 | 554,44 | 201,77 |
| 16:00           | 717,79 | 511,37 | 186,77 |
| 17:00           | 602,08 | 425,75 | 159,13 |
| 18:00           | 384,22 | 270,14 | 104,81 |
| 19:00           | 0,98   | 0      | 0,78   |
| 20:00           | 0      | 0      | 0      |
| 21:00           | 0      | 0      | 0      |
| 22:00           | 0      | 0      | 0      |
| 23:00           | 0      | 0      | 0      |
| OCTUBRE         |        |        |        |
| Hora<br>(UTC+1) | G(n)   | Gb(n)  | Gd(n)  |
| 0:00            | 0      | 0      | 0      |
| 1:00            | 0      | 0      | 0      |
| 2:00            | 0      | 0      | 0      |
| 3:00            | 0      | 0      | 0      |
| 4:00            | 0      | 0      | 0      |
| 5:00            | 0      | 0      | 0      |
| 6:00            | 0      | 0      | 0      |
| 7:00            | 0      | 0      | 0      |
| 8:00            | 343,53 | 248,77 | 86,59  |
| 9:00            | 547,23 | 391,75 | 139,72 |
| 10:00           | 639,68 | 455,03 | 166,23 |
| 11:00           | 731,84 | 528,62 | 184,16 |
| 12:00           | 765,5  | 556,41 | 190,76 |
| 13:00           | 786,09 | 576,07 | 191,51 |
| 14:00           | 770,74 | 567,21 | 184,11 |
| 15:00           | 721,26 | 530,52 | 170,98 |
| 16:00           | 624,13 | 453,72 | 152,81 |
| 17:00           | 458,13 | 331,79 | 115,28 |
| 18:00           | 73,46  | 54,87  | 17,32  |
| 19:00           | 0      | 0      | 0      |
| 20:00           | 0      | 0      | 0      |
| 21:00           | 0      | 0      | 0      |

| 22:00           | 0      | 0      | 0      |
|-----------------|--------|--------|--------|
| 23:00           | 0      | 0      | 0      |
| NOVIEMBRE       |        |        |        |
| Hora<br>(UTC+1) | G(n)   | Gb(n)  | Gd(n)  |
| 0:00            | 0      | 0      | 0      |
| 1:00            | 0      | 0      | 0      |
| 2:00            | 0      | 0      | 0      |
| 3:00            | 0      | 0      | 0      |
| 4:00            | 0      | 0      | 0      |
| 5:00            | 0      | 0      | 0      |
| 6:00            | 0      | 0      | 0      |
| 7:00            | 0      | 0      | 0      |
| 8:00            | 132,02 | 104,13 | 25,81  |
| 9:00            | 475,18 | 358,01 | 105,78 |
| 10:00           | 597,41 | 445,51 | 135,16 |
| 11:00           | 694,93 | 522,7  | 152,79 |
| 12:00           | 740,72 | 558,77 | 161,7  |
| 13:00           | 774,53 | 591,79 | 161,91 |
| 14:00           | 743,59 | 564,36 | 158,72 |
| 15:00           | 661,16 | 499,68 | 143,22 |
| 16:00           | 563,17 | 425,69 | 123,65 |
| 17:00           | 135,91 | 96,76  | 35,35  |
| 18:00           | 0      | 0      | 0      |
| 19:00           | 0      | 0      | 0      |
| 20:00           | 0      | 0      | 0      |
| 21:00           | 0      | 0      | 0      |
| 22:00           | 0      | 0      | 0      |
| 23:00           | 0      | 0      | 0      |
| DICIEMBRE       |        |        |        |
| Hora<br>(UTC+1) | G(n)   | Gb(n)  | Gd(n)  |
| 0:00            | 0      | 0      | 0      |
| 1:00            | 0      | 0      | 0      |
| 2:00            | 0      | 0      | 0      |
| 3:00            | 0      | 0      | 0      |
| 4:00            | 0      | 0      | 0      |
| 5:00            | 0      | 0      | 0      |
| 6:00            | 0      | 0      | 0      |
| 7:00            | 0      | 0      | 0      |
| 8:00            | 0      | 0      | 0      |
| 9:00            | 401,01 | 312,47 | 81,34  |
| 10:00           | 574,83 | 440,77 | 119,51 |
| 11:00           | 662,57 | 505,87 | 138,32 |
| 12:00           | 724,28 | 555,88 | 148,16 |

|       |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|
| 13:00 | 734,63 | 561,76 | 152,39 |
| 14:00 | 724,64 | 557,64 | 147,03 |
| 15:00 | 662,7  | 510,06 | 134,95 |
| 16:00 | 572,64 | 443,59 | 116,37 |
| 17:00 | 9,78   | 0      | 7,89   |
| 18:00 | 0      | 0      | 0      |
| 19:00 | 0      | 0      | 0      |
| 20:00 | 0      | 0      | 0      |
| 21:00 | 0      | 0      | 0      |
| 22:00 | 0      | 0      | 0      |
| 23:00 | 0      | 0      | 0      |

Tabla 1.8.5. Irradiación total y periodo horario al que pertenece.

| PORCENTAJE ENERGIA POR PERIODO              | ENERO    |     | FEBRERO |     | MARZO      |     | ABRIL   |     | MAYO      |     | JUNIO     |      |
|---|----------|-----|---------|-----|------------|-----|---------|-----|-----------|-----|-----------|------|
| IRRADIACIÓN TOTAL (Wh/m <sup>2</sup> )      | 5498,51  |     | 6248,19 |     | 7215,12    |     | 8221,2  |     | 9156      |     | 10029     |      |
| IRRADIACIÓN PERIODO LL (Wh/m <sup>2</sup> ) | 5169,89  | 94% | 5538,46 | 89% | 6233,95    | 86% | 3081,1  | 37% | 3590      | 39% | 4047      | 40%  |
| IRRADIACIÓN PERIODO P (Wh/m <sup>2</sup> )  | 328,62   | 6%  | 709,73  | 11% | 978,5      | 14% | 4893,9  | 60% | 5089      | 56% | 5363      | 53%  |
| IRRADIACIÓN PERIODO V (Wh/m <sup>2</sup> )  | 0        | 0%  | 0       | 0%  | 2,36       | 0%  | 246,24  | 3%  | 476,6     | 5%  | 619       | 6%   |
|   | JULIO    |     | AGOSTO  |     | SEPTIEMBRE |     | OCTUBRE |     | NOVIEMBRE |     | DICIEMBRE |      |
| IRRADIACIÓN TOTAL (Wh/m <sup>2</sup> )      | 10132,18 |     | 9355,94 |     | 7786,86    |     | 6461,6  |     | 5519      |     | 5067      |      |
| IRRADIACIÓN PERIODO LL (Wh/m <sup>2</sup> ) | 4153,07  | 41% | 3783,65 | 40% | 2804,84    | 36% | 2046,5  | 32% | 5383      | 98% | 5057      | 100% |
| IRRADIACIÓN PERIODO P (Wh/m <sup>2</sup> )  | 5463,47  | 54% | 5259,06 | 56% | 4831,42    | 62% | 4415,1  | 68% | 135,9     | 2%  | 9,78      | 0%   |
| IRRADIACIÓN PERIODO V (Wh/m <sup>2</sup> )  | 515,64   | 5%  | 313,23  | 3%  | 150,6      | 2%  | 0       | 0%  | 0         | 0%  | 0         | 0%   |

Tabla 1.8.6. Porcentaje de energía producida en cada periodo horario.

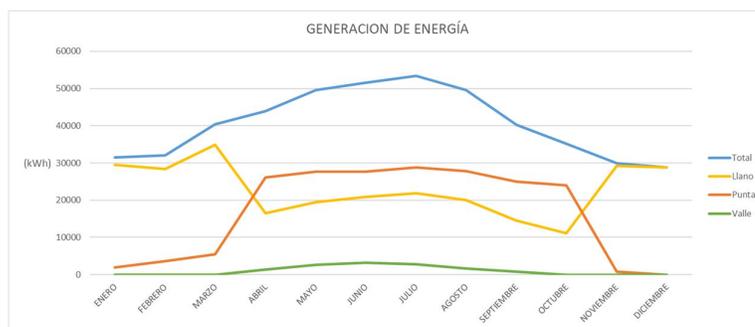
El último paso para poder comparar la energía consumida con la producida es aplicar el porcentaje obtenido a la tabla 1.8.4 donde se refleja la producción mensual, al aplicar este se obtiene la tabla 1.8.7 y de esta manera se pueden cotejar sus datos con los de la tabla 1.8.3. El resultado muestra el excedente energético, en la tabla 1.8.8, esta información va a ser de utilidad para el posterior estudio económico, dando a conocer que cantidad de energía va a ser retribuida.

| Producción energía (kWh) | ENERO    | FEBRERO  | MARZO      | ABRIL    | MAYO      | JUNIO     |
|--------------------------|----------|----------|------------|----------|-----------|-----------|
| <b>TOTAL</b>             | 31438,4  | 32006,86 | 40375,85   | 43958,55 | 49660,99  | 51634,74  |
| LL                       | 29559,48 | 28371,21 | 34885,22   | 16474,48 | 19472,26  | 20835,95  |
| P                        | 1878,92  | 3635,65  | 5475,69    | 26167,43 | 27603,72  | 27611,83  |
| V                        | 0,00     | 0,00     | 0,00       | 1316,63  | 2585,01   | 3186,96   |
|                          | JULIO    | AGOSTO   | SEPTIEMBRE | OCTUBRE  | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| <b>TOTAL</b>             | 53368,34 | 49577,53 | 40288,82   | 35150,1  | 29927,91  | 28865,51  |
| LL                       | 21875,10 | 20049,72 | 14512,10   | 11132,55 | 29190,86  | 28809,80  |
| P                        | 28777,25 | 27867,99 | 24997,52   | 24017,55 | 737,05    | 0,00      |
| V                        | 2715,99  | 1659,82  | 779,20     | 0,00     | 0,00      | 0,00      |

Tabla 1.8.7. Energía producida por periodo horario.

| Excedente (kWh) | ENERO    | FEBRERO  | MARZO      | ABRIL    | MAYO      | JUNIO     |
|-----------------|----------|----------|------------|----------|-----------|-----------|
| LL              | 28207,12 | 27073,56 | 33698,80   | 15300,87 | 18230,64  | 19529,96  |
| P               | 1357,34  | 3158,76  | 4969,77    | 25667,56 | 27120,25  | 27107,49  |
| V               | 0,00     | 0,00     | 0,00       | 0,00     | 0,00      | 0,00      |
|                 | JULIO    | AGOSTO   | SEPTIEMBRE | OCTUBRE  | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| LL              | 19961,22 | 18197,63 | 13057,48   | 9954,55  | 28020,86  | 27724,80  |
| P               | 28106,88 | 27092,59 | 24358,35   | 23521,55 | 242,05    | 0,00      |
| V               | 0,00     | 0,00     | 0,00       | 0,00     | 0,00      | 0,00      |

Tabla 1.8.8. Excedente energético para venta.



Grafica 1.8.1. Generación de energía.

## 1.9. VIABILIDAD ECONOMICA

Se determinan los ingresos retribuidos mediante la tabla 1.8.8 del apartado 1.8.2, donde se expone el excedente energético. En la tabla 1.9.1 se muestra el importe a ingresar, suponiendo un precio medio por kWh de 5 céntimos. Para el primer año de producción el predio total en ingresos bruto sería de unos 22.557,27 €.

|                     |              |                |                   |                |                  |                  |
|---------------------|--------------|----------------|-------------------|----------------|------------------|------------------|
| VENTA<br>EXCEDENTES | <b>ENERO</b> | <b>FEBRERO</b> | <b>MARZO</b>      | <b>ABRIL</b>   | <b>MAYO</b>      | <b>JUNIO</b>     |
|                     | 1.478,22 €   | 1.511,62 €     | 1.933,43 €        | 2.048,42 €     | 2.267,54 €       | 2.331,87 €       |
|                     | <b>JULIO</b> | <b>AGOSTO</b>  | <b>SEPTIEMBRE</b> | <b>OCTUBRE</b> | <b>NOVIEMBRE</b> | <b>DICIEMBRE</b> |
|                     | 2.403,40 €   | 2.264,51 €     | 1.870,79 €        | 1.673,81 €     | 1.413,15 €       | 1.360,51 €       |

Tabla 1.9.1. Retribución por la venta de excedentes.

La Ley 27/2014, de 27 de noviembre, del Impuesto sobre Sociedades, establece una cuota íntegra del Impuesto sobre Sociedades, suponiendo la cantidad resultante de aplicar a la base imponible el tipo de gravamen, con la especialidad de las entidades que apliquen lo dispuesto en el artículo 105 de la LIS. La cuota íntegra vendrá determinada por el resultado de aplicar el tipo de gravamen a la base imponible minorada o incrementada, según corresponda, por las cantidades derivadas del citado artículo.

Para el tipo de cooperativa fiscalmente protegida se establece un tipo al 20%, anual.

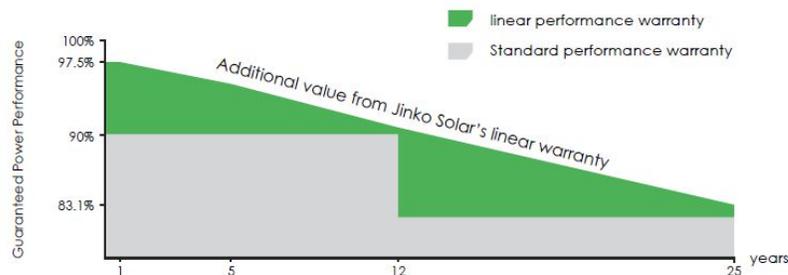


Imagen 1.9.1. Degradación de los paneles solares con el paso de los años.

Con el paso de los años, los paneles solares van a sufrir una cierta degradación y por tanto el ingreso debido a la venta de excedentes va a ir descendiendo con el tiempo. Para hacer un estudio económico más riguroso se tiene en cuenta el rendimiento de los paneles de la imagen 1.9.1 y para cada año se aplica el porcentaje que el fabricante garantiza.

| Años | Garantía de rendimiento lineal |
|------|--------------------------------|
| 0    | 97,50%                         |
| 1    | 97,50%                         |
| 2    | 97,13%                         |
| 3    | 96,75%                         |
| 4    | 96,38%                         |
| 5    | 96,00%                         |
| 6    | 95,21%                         |
| 7    | 94,43%                         |
| 8    | 93,64%                         |
| 9    | 92,86%                         |
| 10   | 92,07%                         |
| 11   | 91,29%                         |
| 12   | 90,50%                         |
| 13   | 90,02%                         |
| 14   | 89,53%                         |
| 15   | 89,05%                         |
| 16   | 88,56%                         |
| 17   | 88,08%                         |
| 18   | 87,59%                         |
| 19   | 87,11%                         |
| 20   | 86,62%                         |
| 21   | 86,14%                         |
| 22   | 85,65%                         |
| 23   | 85,17%                         |
| 24   | 84,68%                         |
| 25   | 84,20%                         |

**Tabla 1.9.2. Rendimiento de los paneles con el paso de los años**

Se construye ahora la tabla 1.9.4 donde se muestra el análisis económico, tomando una amortización a 25 años:

|                        |                |
|------------------------|----------------|
| IPC                    | 0,055          |
| in                     | 0,021          |
| Tasa de descuento (ir) | <b>0,00382</b> |

**Tabla 1.9.3. Índice de precios de consumo, interés nominal y tasa de descuento año 2021.**

Se observa del análisis un periodo de retorno de la inversión de 12 años, para una inversión inicial de 232.260,35 €.

| Año | Gastos       | Ingresos    | FC             | FC/(1+ir)^n    | VAN ANUAL   |
|-----|--------------|-------------|----------------|----------------|-------------|
| 0   | 232.260,35 € | 17.594,67 € | - 214.665,68 € | - 214.665,68 € | 17.594,67 € |
| 1   | 245.034,67 € | 17.594,67 € | - 197.071,00 € | - 196.321,41 € | 17.232,79 € |
| 2   | 258.511,58 € | 17.527,00 € | - 179.544,00 € | - 178.180,75 € | 16.813,42 € |
| 3   | 272.729,71 € | 17.459,33 € | - 162.084,67 € | - 160.242,15 € | 16.404,02 € |
| 4   | 287.729,85 € | 17.391,66 € | - 144.693,01 € | - 142.504,09 € | 16.004,35 € |
| 5   | 303.554,99 € | 17.323,99 € | - 127.369,02 € | - 124.965,04 € | 15.614,18 € |
| 6   | 320.250,51 € | 17.182,20 € | - 110.186,82 € | - 107.695,94 € | 15.167,86 € |
| 7   | 337.864,29 € | 17.040,41 € | - 93.146,41 €  | - 90.694,46 €  | 14.733,29 € |
| 8   | 356.446,83 € | 16.898,62 € | - 76.247,79 €  | - 73.958,28 €  | 14.310,19 € |
| 9   | 376.051,40 € | 16.756,83 € | - 59.490,96 €  | - 57.485,12 €  | 13.898,25 € |
| 10  | 396.734,23 € | 16.615,04 € | - 42.875,92 €  | - 41.272,70 €  | 13.497,21 € |
| 11  | 418.554,61 € | 16.473,26 € | - 26.402,66 €  | - 25.318,74 €  | 13.106,79 € |
| 12  | 441.575,12 € | 16.331,47 € | - 10.071,19 €  | - 9.621,00 €   | 12.726,71 € |
| 13  | 465.861,75 € | 16.244,01 € | 6.172,82 €     | 5.874,46 €     | 12.398,20 € |
| 14  | 491.484,14 € | 16.156,56 € | 22.329,38 €    | 21.169,27 €    | 12.077,82 € |
| 15  | 518.515,77 € | 16.069,11 € | 38.398,49 €    | 36.265,05 €    | 11.765,37 € |
| 16  | 547.034,14 € | 15.981,66 € | 54.380,14 €    | 51.163,40 €    | 11.460,67 € |
| 17  | 577.121,02 € | 15.894,20 € | 70.274,35 €    | 65.865,93 €    | 11.163,52 € |
| 18  | 608.862,67 € | 15.806,75 € | 86.081,10 €    | 80.374,22 €    | 10.873,75 € |
| 19  | 642.350,12 € | 15.719,30 € | 101.800,39 €   | 94.689,84 €    | 10.591,17 € |
| 20  | 677.679,38 € | 15.631,84 € | 117.432,24 €   | 108.814,35 €   | 10.315,62 € |
| 21  | 714.951,74 € | 15.544,39 € | 132.976,63 €   | 122.749,32 €   | 10.046,92 € |
| 22  | 754.274,09 € | 15.456,94 € | 148.433,57 €   | 136.496,29 €   | 9.784,92 €  |
| 23  | 795.759,16 € | 15.369,49 € | 163.803,05 €   | 150.056,80 €   | 9.529,44 €  |
| 24  | 839.525,92 € | 15.282,03 € | 179.085,09 €   | 163.432,36 €   | 9.280,33 €  |
| 25  | 885.699,84 € | 15.194,58 € | 194.279,67 €   | 176.624,49 €   | 9.037,43 €  |

Tabla 1.9.4. Análisis sobre la viabilidad económica del proyecto

|     |             |
|-----|-------------|
| TIR |             |
|     | 3%          |
| VAN |             |
|     | 96.269,43 € |

**Tabla 1.9.4. Valor del VAN y el TIR de la inversión.**

El periodo de retorno de la inversión tiene en cuenta la inversión inicial y los ingresos anuales que vamos a obtener de la venta de excedentes, la tabla 1.9.4 muestra para cada año de la inversión el valor que tendrían los gastos actualizados a cada año futuro, así como los ingresos anuales y el flujo de caja. Este último muestra el balance entre la inversión realizada y los ingresos a lo largo de los años. El VAN anual actualiza el valor de la inversión a cada año futuro y el VAN total mostraría el valor de nuestra inversión a priori.

El TIR (Tasa interna de retorno) indica la tasa de interés máxima con la que el proyecto sería viable financieramente, sin caer en un endeudamiento, en este caso del 3%.

## 2. ANEXOS

## 2.1. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

### 2.1.1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

#### 2.1.1.1. CÁLCULOS PANELES FOTOVOLTAICOS

El número de paneles fotovoltaicos no viene definido por las necesidades de autoconsumo, puesto que la instalación está destinada a cubrir la demanda energética de la cooperativa, además de generar el máximo beneficio posible por la venta de electricidad.

Se pretende maximizar la producción utilizando paneles de 400 Wp sobre los seguidores solares.

| DATOS MODULOS FV |              |                     |                     |                     |                     |                |                        |                        |
|------------------|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|------------------------|------------------------|
| JKM400M-72H      | Potencia (W) | I <sub>mp</sub> (A) | V <sub>mp</sub> (V) | I <sub>sc</sub> (A) | V <sub>oc</sub> (V) | Eficiencia (%) | V <sub>oc</sub> (%/°C) | I <sub>sc</sub> (%/°C) |
|                  | 400          | 9,6                 | 41,7                | 10,36               | 49,8                | 19,88%         | -0,29%                 | 0,048%                 |

Tabla 2.1.1. Especificaciones módulos solares.

La tensión más alta que puede alcanzar el panel es la tensión de circuito abierto y esta es máxima cuando la temperatura del módulo es mínima. La temperatura mínima del lugar es de 3 °C correspondiendo a unos 6,38 °C en el panel, calculados mediante la ecuación 2.1.1. El valor de la irradiancia mínima se considera 100 W/m<sup>2</sup>.

$$T_{panel} = T_{ambiente} + \frac{(TONC - 20)}{800} * E \quad (2.1.1)$$

Dónde:

- $T_{panel}$ : temperatura que alcanza la célula con una temperatura ambiente determinada.
- $T_{ambiente}$ : temperatura ambiente del emplazamiento.

- TONC: temperatura nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando el módulo está bajo las condiciones de 800 W/m<sup>2</sup>, con distribución espectral AM 1,5 G, temperatura ambiente 20 °C y velocidad del viento de 1 m/s. Marcada por el fabricante, en este caso Jinko Solar, 45 °C.
- E: Irradiancia media dependiendo del periodo en el que se encuentre, en este caso 100 W/m<sup>2</sup>.

$$T_{panel} = 3 + ((47 - 20) / 800) \times 100 = 6,38 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

La tensión de circuito abierto a 6,38 °C se calcula mediante la ecuación 2.1.2.

$$V_{oc}(T^{\circ}\text{C}) = V_{oc}(25) + \Delta T \times (V_{oc}(\%/^{\circ}\text{C}) \times V_{oc}(25)) \quad (2.1.2)$$

Dónde:

- $V_{oc}(T^{\circ}\text{C})$ : tensión a circuito abierto del panel a una temperatura determinada.
- $V_{oc}(\%/^{\circ}\text{C})$ : coeficiente de temperatura a tensión de circuito abierto.
- $V_{oc}(25^{\circ}\text{C})$ : tensión en circuito abierto del panel en condiciones estándar. Marcado por el fabricante.

$$V_{oc}(6,38) = 49,8 + (6,38 - 25) \times (-0,29\%) \times 49,8 = 52,49 \text{ V}$$

De igual manera se calcula la corriente de cortocircuito del panel máxima. Para ello se establece en 31 °C la temperatura máxima del emplazamiento y una irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup>. Se calcula la temperatura máxima del panel con la ecuación (2.1.1), dando como resultado 64,75 °C.

$$T_{panel} = 31 + ((47 - 20) / 800) \times 1000 = 64,75 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Se calcula la corriente máxima de cortocircuito con la ecuación (2.1.3)

$$I(T^{\circ}\text{C}) = I_{sc}(25) + \Delta T \times (I_{sc}(\%/^{\circ}\text{C}) \times I_{sc}(25)) \quad (2.1.3)$$

Dónde:

- $I_{sc}$ : corriente de cortocircuito del panel a una temperatura determinada.
- $I_{sc}(25^{\circ}\text{C})$ : corriente de cortocircuito del panel en condiciones estándar.
- $I_{sc}(\%/^{\circ}\text{C})$ : coeficiente de temperatura a corriente de cortocircuito.

$$I_{sc} = 10,36 + (64,75 - 25) \times (0,048\%) \times 10,36 = 10,56 \text{ A}$$

#### - DISTRIBUCION DE LOS PANELES EN LOS SEGUIDORES

La disposición de los paneles se determina en función de los valores de tensiones e intensidades máximas que pueden aparecer en un determinado panel fotovoltaico y que han sido calculadas anteriormente. Para un total de 110 paneles por seguidor podemos organizarlos en una de las tres disposiciones de la tabla 2.1.2.

|         | Disposición 1 | Disposición 2 | Disposición 3 |
|---------|---------------|---------------|---------------|
| Serie   | 6             | 8             | 5             |
| Paneles | 4x18/2x19     | 2x13/6x14     | 22            |

Tabla 2.1.2. Posibles disposiciones de los paneles en los seguidores

La tensión de entrada al inversor será superior cuantos más paneles en serie se disponga y la intensidad cuantas más series entren al inversor, por tanto, se calcula para las tres disposiciones la tensión y la intensidad máxima y de igual manera se calculan las tensiones e intensidades que proporcionan una potencia máxima de panel.

| DISPOSICIÓN 1                   | Serie 1 | Serie 2 | Serie 3 | Serie 4 | Serie 5 | Serie 6 |     |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| JKM400M-72H                     | 18      | 18      | 18      | 18      | 19      | 19      | 110 |
| $V_{oc}(6,38^{\circ}\text{C})$  | 944,81  | 944,81  | 944,81  | 944,81  | 997,3   | 997,3   | V   |
| $I_{sc}(64,75^{\circ}\text{C})$ | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | A   |
| $V_{mp}$                        | 750,6   | 750,6   | 750,6   | 750,6   | 792,3   | 792,3   | V   |
| $I_{mp}$                        | 9,6     | 9,6     | 9,6     | 9,6     | 9,6     | 9,6     | A   |

Tabla 2.1.3. Tensiones e intensidades Disposición 1.

| DISPOSICIÓN 2                      | Serie 1 | Serie 2 | Serie 3 | Serie 4 | Serie 5 | Serie 6 | Serie 7 | Serie 8 |     |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| JKM400M-72H                        | 13      | 13      | 14      | 14      | 14      | 14      | 14      | 14      | 110 |
| $V_{oc} (6,38^{\circ}\text{C}) =$  | 682,37  | 682,37  | 734,86  | 734,86  | 734,86  | 734,86  | 734,86  | 734,86  | V   |
| $I_{sc} (64,75^{\circ}\text{C}) =$ | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | A   |
| $V_{mp} =$                         | 542,1   | 542,1   | 583,8   | 583,8   | 583,8   | 583,8   | 583,8   | 583,8   | V   |
| $I_{mp} =$                         | 9,6     | 9,6     | 9,6     | 9,6     | 9,6     | 9,6     | 9,6     | 9,6     | A   |

Tabla 2.1.4. Tensiones e intensidades Disposición 2

| DISPOSICION 3                   | Serie 1 | Serie 2 | Serie 3 | Serie 4 | Serie 5 |     |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| JKM400M-72H                     | 22      | 22      | 22      | 22      | 22      | 110 |
| $V_{oc}(6,38^{\circ}\text{C})$  | 1154,77 | 1154,77 | 1154,77 | 1154,77 | 1154,77 | V   |
| $I_{sc}(64,75^{\circ}\text{C})$ | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | A   |
| $V_{mp}$                        | 917,4   | 917,4   | 917,4   | 917,4   | 917,4   | V   |
| $I_{mp}$                        | 9,6     | 9,6     | 9,6     | 9,6     | 9,6     | A   |

Tabla 2.1.5. Tensiones e intensidades Disposición 3

Las tensiones  $V_{oc}$  y  $V_{mp}$  se calculan sumando las tensiones de cada uno de los paneles que componen la serie.

Las intensidades  $I_{sc}$  e  $I_{mp}$  coinciden con la de un solo panel.

### 2.1.1.2. CÁLCULOS INVERSORES

Una vez se han determinado las características de los paneles se eligen los inversores adecuados, que cumplan al menos con las especificaciones aportadas por una de las disposiciones elegidas.

Otra característica a tener en cuenta es la potencia de salida del inversor. Esta potencia va a limitar la cantidad de energía que el seguidor solar va a poder verter, por tanto, para evitar un sobredimensionamiento del inversor se pretende ajustar la potencia de salida con la potencia que los paneles van a producir.

Para el cálculo de la potencia de entrada al inversor hay que tener en cuenta una serie de pérdidas en la parte de corriente continua, las cuales van a determinar la potencia real de entrada.

| <b>Perdidas CC</b>                  |              |
|-------------------------------------|--------------|
| Degradación fotónica de los paneles | 3,0%         |
| Perdidas de energía en conductores  | 1,0%         |
| Perdida por mismatch                | 4%           |
| Perdidas por suciedad               | 2%           |
| <b>TOTALES</b>                      | <b>10,0%</b> |

**Tabla 2.1.6. Porcentaje de pérdidas que aparecen en la parte de corriente continua.**

Por cada seguidor la potencia total asciende a 44 kWp, pero debido a las pérdidas expuestas en la tabla 2.1.6, la potencia de entrada de los inversores supone un 10% menos que la especificada en la ficha técnica de los paneles.

Por tanto, la potencia máxima que se tendrá en cuenta es de 39,6 kWp.

#### **- ELECCIÓN DEL INVERSOR**

El inversor elegido tiene una potencia de 40 kWp y consta de 4 MPPT.

El método para elegir la disposición de los paneles correcta se determina comparando la ficha técnica del inversor con las especificaciones calculadas para cada disposición.

| DATOS INVERSORES |               |                            |                            |                                     |   |                 |                        |
|------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---|-----------------|------------------------|
| SUN2000-40KTL-M3 | Potencia (kW) | Tensión máxima entrada (V) | Intensidad máxima MPPT (A) | Intensidad máxima cortocircuito (A) | Rango de operación del voltaje MPPT (V) | Numero entradas | Numero seguidores MPPT |
|                  | 40            | 1100                       | 26                         | 40                                  | 200-1000                                | 8               | 4                      |

Tabla 2.1.7. Características de los inversores elegidos.

| DISPOSICIÓN 1      | MPPT1  | MPPT2  | MPPT3 |   |
|--------------------|--------|--------|-------|---|
| $V_{oc}$ (6,38°C)  | 944,82 | 944,82 | 997,3 | V |
| $I_{sc}$ (64,75°C) | 21,12  | 21,12  | 21,12 | A |
| $V_{mp}$           | 750,6  | 750,6  | 792,3 | V |
| $I_{mp}$           | 19,2   | 19,2   | 19,2  | A |
| $I_{scSalida}$     | 63,35  |        |       | A |
| $I_{mpSalida}$     | 57,6   |        |       | A |

Tabla 2.1.8. Valores calculados para cada MPPT del inversor para la disposición 1.

| DISPOSICIÓN 2      | MPPT1  | MPPT2  | MPPT3  | MPPT4  |   |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|---|
| $V_{oc}$ (6,38°C)  | 682,37 | 734,86 | 734,86 | 734,86 | V |
| $I_{sc}$ (64,75°C) | 21,12  | 21,12  | 21,12  | 21,12  | A |
| $V_{mp}$           | 542,1  | 583,8  | 583,8  | 583,8  | V |
| $I_{mp}$           | 19,2   | 19,2   | 19,2   | 19,2   | A |
| $I_{scSalida}$     | 84,46  |        |        |        | A |
| $I_{mpSalida}$     | 76,8   |        |        |        | A |

Tabla 2.1.9. Valores calculados para cada MPPT del inversor para la disposición 2.

| DISPOSICIÓN 3      | MPPT1   | MPPT2   | MPPT3   |   |
|--------------------|---------|---------|---------|---|
| $V_{oc}$ (6,38°C)  | 1154,77 | 1154,77 | 1154,77 | V |
| $I_{sc}$ (64,75°C) | 21,12   | 21,12   | 10,56   | A |
| $V_{mp}$           | 917,4   | 917,4   | 917,4   | V |
| $I_{mp}$           | 19,2    | 19,2    | 9,6     | A |
| $I_{scSalida}$     | 52,79   |         |         | A |
| $I_{mpSalida}$     | 48      |         |         | A |

Tabla 2.1.10. Valores calculados para cada MPPT del inversor para la disposición 3.

Las tablas 2.1.8, 2.1.9 y 2.1.10 se construyen de la siguiente manera:

- Cada MPPT se conforman con series que contengan la misma cantidad de paneles para aprovechar el punto de máxima potencia.
- Las tensiones se calculan sumando la tensión de todos los paneles que hay por cada serie. Como las MPPT se componen de series con misma cantidad de paneles, la tensión total por MPPT será la misma que la de una de las dos series.
- Las intensidades se calculan sumando la intensidad de cada una de las series que llegan a la MPPT.

En el apartado 1.5.1.4 se ha detallado todo el proceso de selección de la disposición correcta.

La disposición 3 se descarta ya que las tensiones que aparecerían no se encuentran dentro del rango establecido para el inversor.

Entre la disposición 1 y 2 se elige la segunda. El primer motivo es por optimizar mucho mejor las entradas MPPT, ya que la primera no aprovecha todas las entradas. El segundo motivo es que las tensiones de la segunda disposición no se encuentran tan ajustadas a los límites máximos establecidos por la ficha de características del inversor, como si sucede con la primera opción.

### 2.1.1.3. CÁLCULO DE CONDUCCIONES

Para el dimensionamiento de los conductores se tienen en cuenta dos criterios que se deben cumplir. El primer criterio es relativo a la capacidad térmica que poseen los conductores en función del aislamiento del conductor y del sistema de canalización adoptado. El segundo criterio hace referencia a las caídas de tensión máximas permitidas por el REBT. La disposición escogida para el resto de los cálculos corresponde con la disposición 2, como se ha comentado en el apartado 1.5.1.4.

#### - CRITERIO TÉRMICO

El criterio de corriente máxima o criterio térmico analiza la densidad de corriente que circulará a través un cableado y determina, que dicha línea eléctrica sea capaz de soportar la corriente.

Para hacer el cálculo de la corriente de diseño se utiliza el reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT) y la norma UNE-HD 60364-5- 52.

Estas corrientes se calculan de la siguiente manera:

- Corriente continua

$$I = \frac{P}{U} \quad (2.1.4)$$

- Corriente alterna

- Monofásica

$$I = \frac{P}{U * \cos(\varphi)} \quad (2.1.5)$$

- Trifásica

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos(\varphi)} \quad (2.1.6)$$

Donde:

- P: Potencia (W).
- U: Tensión entre fase y neutro; tensión entre fases.
- I: Intensidad de corriente (A).
- Cos(φ): factor de potencia, ángulo entre la tensión de fase y la corriente.

#### - CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN

Este criterio determina que la sección del cable elegido tenga una caída de tensión menor que la caída de tensión máxima admisible, determinada por el REBT. La caída de tensión de

un cable es proporcional a su longitud y resistividad e inversamente proporcional a su sección.

Las secciones mínimas que cumplan con este criterio se calculan con las siguientes expresiones:

- Línea monofásica

$$S = \frac{2 * P * L}{\gamma * e * V} \quad (2.1.7)$$

- Línea Trifásica

$$S = \frac{P * L}{\gamma * e * V} \quad (2.1.8)$$

Donde:

- S: Sección mínima del conductor en mm<sup>2</sup>
- e: caída de tensión admisible en voltios
- $\gamma$ : Conductividad del conductor en m/ $\Omega$  mm<sup>2</sup>
- L: longitud de la línea en metros
- V: Tensión string

#### - **CABLEADO DE CORRIENTE CONTINUA (TRAMO PANELES-INVERSOR)**

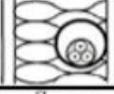
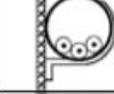
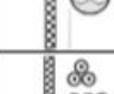
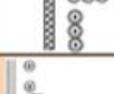
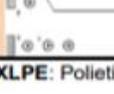
- **Criterio térmico**

La intensidad admisible se calcula mediante la ecuación (2.1.4). Se elige un método de instalación de la tabla 2.1.11 y con estos dos datos se entra en la tabla 2.1.12.

Así pues, los datos de entrada son:

- $I_{adm} = 10,56$  A.
- Método de instalación: B1.
- Aislante: XLPE 2 conductores.

De la tabla 2.1.11 se determina una sección mínima de 1,5 mm<sup>2</sup>.

| Instalación de referencia   |       |   | Tabla y columna                                 |                              |                             |                              |                              |
|---|-------|---|---|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
|   |       |   | Intensidad admisible para los circuitos simples |                              |                             |                              |                              |
|   |       |   | Aislamiento PVC                                 |                              | Aislamiento XLPE o EPR      |                              |                              |
|   |       |   | Número de conductores                           |                              |                             |                              |                              |
|   |       |   | 2   | 3                            | 2                           | 3                            |                              |
|    | Local | Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante                                | <b>A1</b>                                       | Tabla C.52-1 bis columna 4   | Tabla C.52-1 bis columna 3  | Tabla C.52-1 bis columna 7b  | Tabla C.52-1 bis columna 6b  |
|    | Local | Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante                                | <b>A2</b>                                       | Tabla C.52-1 bis columna 3   | Tabla C.52-1 bis columna 2  | Tabla C.52-1 bis columna 6b  | Tabla C.52-1 bis columna 5b  |
|    |       | Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería                           | <b>B1</b>                                       | Tabla C.52-1 bis columna 6a  | Tabla C.52-1 bis columna 5a | Tabla C.52-1 bis columna 10b | Tabla C.52-1 bis columna 8b  |
|   |       | Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería                           | <b>B2</b>                                       | Tabla C.52-1 bis columna 5a  | Tabla C.52-1 bis columna 4  | Tabla C.52-1 bis columna 8b  | Tabla C.52-1 bis columna 7b  |
|  |       | Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería                              | <b>C</b>  | Tabla C.52-1 bis columna 8a  | Tabla C.52-1 bis columna 6a | Tabla C.52-1 bis columna 11  | Tabla C.52-1 bis columna 9b  |
|  |       | Cable multiconductor en conductos enterrados  | <b>D1</b>                                       | Tabla C.52-2 bis columna 3   | Tabla C.52-2 bis columna 4  | Tabla C.52-2 bis columna 5   | Tabla C.52-2 bis columna 6   |
|  |       | Cables con cubierta unipolares o multipolares directamente en el suelo                                | <b>D2</b>                                       |                              |                             |                              |                              |
|  |       | Cable multiconductor al aire libre<br>Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable | <b>E</b>  | Tabla C.52-1 bis columna 9a  | Tabla C.52-1 bis columna 7a | Tabla C.52-1 bis columna 12  | Tabla C.52-1 bis columna 10b |
|  |       | Cables unipolares en contacto al aire libre<br>Distancia al muro no inferior al diámetro del cable    | <b>F</b>  | Tabla C.52-1 bis columna 10a | Tabla C.52-1 bis columna 8a | Tabla C.52-1 bis columna 13  | Tabla C.52-1 bis columna 11  |
|  |       | Cables unipolares espaciados al aire libre<br>Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable | <b>G</b>  | Ver UNE-HD 60364-5-52        |                             |                              |                              |

**XLPE:** Polietileno reticulado (90°C) **EPR:** Etileno-propileno (90°C) **PVC:** Policloruro de vinilo (70°C)

Tabla 2.1.11. Métodos de instalación de referencia. UNE-HD 60364-5-52: 2014.

| Método de instalación de la tabla B.52-1 | Número de conductores cargados y tipos de aislamiento |       |       |       |       |                        |       |        |        |   |        |        |        |        |     |     |     |     |
|--|---|-------|-------|-------|-------|------------------------|-------|--------|--------|---|--------|--------|--------|--------|-----|-----|-----|-----|
|  | A1  | PVC 3 | PVC 2 | PVC 3 | PVC 2 | PVC 3                  | PVC 2 | XLPE 3 | XLPE 2 | XLPE 3                                    | XLPE 2 | XLPE 3 | XLPE 2 |        |     |     |     |     |
| A2                                       | PVC 3   | PVC 2 |       |       |       |                        |       |        |        |   |        |        |        |        |     |     |     |     |
| B1                                       |   |       |       | PVC 3 | PVC 2 |                        |       |        |        |   |        | XLPE 3 | XLPE 2 |        |     |     |     |     |
| B2                                       |   |       | PVC 3 | PVC 2 |       |                        |       |        | XLPE 3 | XLPE 2                                    |        |        |        |        |     |     |     |     |
| C  |   |       |       |       |       | PVC 3                  |       |        | PVC 2  |   |        | XLPE 3 | XLPE 2 |        |     |     |     |     |
| E  |   |       |       |       |       |                        | PVC 3 |        |        | PVC 2                                     |        |        | XLPE 3 | XLPE 2 |     |     |     |     |
| F  |   |       |       |       |       |                        |       |        | PVC 3  |   |        | PVC 2  | XLPE 3 | XLPE 2 |     |     |     |     |
| 1  | 2   | 3     | 4     | 5a    | 5b    | 6a                     | 6b    | 7a     | 7b     | 8a  | 8b     | 9a     | 9b     | 10a    | 10b | 11  | 12  | 13  |
| <b>Sección mm²</b>                       |   |       |       |       |       |                        |       |        |        |   |        |        |        |        |     |     |     |     |
| <b>Cobre</b>                             |   |       |       |       |       |                        |       |        |        |   |        |        |        |        |     |     |     |     |
| 1,5                                      | 11  | 11,5  | 12,5  | 13,5  | 14    | 14,5                   | 15,5  | 16     | 16,5   | 17  | 17,5   | 19     | 20     | 20     | 20  | 21  | 23  | -   |
| 2,5                                      | 15  | 15,5  | 17    | 18    | 19    | 20                     | 20    | 21     | 22     | 23  | 24     | 26     | 27     | 26     | 28  | 30  | 32  | -   |
| 4  | 20  | 20    | 22    | 24    | 25    | 26                     | 28    | 29     | 30     | 31  | 32     | 34     | 36     | 36     | 38  | 40  | 44  | -   |
| 6  | 25  | 26    | 29    | 31    | 32    | 34                     | 36    | 37     | 39     | 40  | 41     | 44     | 46     | 46     | 49  | 52  | 57  | -   |
| 10                                       | 33  | 36    | 40    | 43    | 45    | 46                     | 49    | 52     | 54     | 54  | 57     | 60     | 63     | 65     | 68  | 72  | 78  | -   |
| 16                                       | 45  | 48    | 53    | 59    | 61    | 63                     | 66    | 69     | 72     | 73  | 77     | 81     | 85     | 87     | 91  | 97  | 104 | -   |
| 25                                       | 59  | 63    | 69    | 77    | 80    | 82                     | 86    | 87     | 91     | 95  | 100    | 103    | 108    | 110    | 115 | 122 | 135 | 146 |
| 35                                       | -   | -     | -     | 95    | 100   | 101                    | 106   | 109    | 114    | 119                                       | 124    | 127    | 133    | 137    | 143 | 153 | 168 | 182 |
| 50                                       | -   | -     | -     | 116   | 121   | 122                    | 128   | 133    | 139    | 145                                       | 151    | 155    | 162    | 167    | 174 | 188 | 204 | 220 |
| 70                                       | -   | -     | -     | 148   | 155   | 155                    | 162   | 170    | 178    | 185                                       | 193    | 199    | 208    | 214    | 223 | 243 | 262 | 282 |
| 95                                       | -   | -     | -     | 180   | 188   | 187                    | 196   | 207    | 216    | 224                                       | 234    | 241    | 252    | 259    | 271 | 298 | 320 | 343 |
| 120                                      | -   | -     | -     | 207   | 217   | 216                    | 226   | 240    | 251    | 260                                       | 272    | 280    | 293    | 301    | 314 | 350 | 373 | 397 |
| 150                                      | -   | -     | -     | -     | -     | 247                    | 259   | 276    | 289    | 299                                       | 313    | 322    | 337    | 343    | 359 | 401 | 430 | 458 |
| 185                                      | -   | -     | -     | -     | -     | 281                    | 294   | 314    | 329    | 341                                       | 356    | 368    | 385    | 391    | 409 | 460 | 493 | 523 |
| 240                                      | -   | -     | -     | -     | -     | 330                    | 345   | 368    | 385    | 401                                       | 419    | 435    | 455    | 468    | 489 | 545 | 583 | 617 |
| <b>Alu-<br/>minio</b>                    |   |       |       |       |       |                        |       |        |        |   |        |        |        |        |     |     |     |     |
| 2,5                                      | 11,5  | 12    | 13    | 14    | 15    | 16                     | 16,5  | 17     | 17,5   | 18  | 19     | 20     | 20     | 20     | 21  | 23  | 25  | -   |
| 4  | 15  | 16    | 17    | 19    | 20    | 21                     | 22    | 22     | 23     | 24  | 25     | 26     | 28     | 27     | 29  | 31  | 34  | -   |
| 6  | 20  | 20    | 22    | 24    | 25    | 27                     | 29    | 28     | 30     | 31  | 32     | 33     | 35     | 36     | 38  | 40  | 44  | -   |
| 10                                       | 26  | 27    | 31    | 33    | 35    | 38                     | 40    | 40     | 41     | 42  | 44     | 46     | 49     | 50     | 52  | 56  | 60  | -   |
| 16                                       | 35  | 37    | 41    | 46    | 48    | 50                     | 52    | 53     | 55     | 57  | 60     | 63     | 66     | 66     | 70  | 76  | 82  | -   |
| 25                                       | 46  | 49    | 54    | 60    | 63    | 63                     | 66    | 67     | 70     | 72  | 75     | 78     | 81     | 84     | 88  | 91  | 98  | 110 |
| 35                                       | -   | -     | -     | 74    | 78    | 78                     | 81    | 83     | 87     | 89  | 93     | 97     | 101    | 104    | 109 | 114 | 122 | 136 |
| 50                                       | -   | -     | -     | 90    | 94    | 95                     | 100   | 101    | 106    | 108                                       | 113    | 118    | 123    | 127    | 132 | 140 | 149 | 167 |
| 70                                       | -   | -     | -     | 115   | 121   | 121                    | 127   | 130    | 136    | 139                                       | 145    | 151    | 158    | 162    | 170 | 180 | 192 | 215 |
| 95                                       | -   | -     | -     | 140   | 146   | 147                    | 154   | 159    | 166    | 169                                       | 177    | 183    | 192    | 197    | 206 | 219 | 233 | 262 |
| 120                                      | -   | -     | -     | 161   | 169   | 171                    | 179   | 184    | 192    | 196                                       | 205    | 213    | 222    | 228    | 239 | 254 | 273 | 306 |
| 150                                      | -   | -     | -     | -     | -     | 196                    | 205   | 213    | 222    | 227                                       | 237    | 246    | 257    | 264    | 276 | 294 | 314 | 353 |
| 185                                      | -   | -     | -     | -     | -     | 222                    | 232   | 243    | 254    | 259                                       | 271    | 281    | 293    | 301    | 315 | 337 | 361 | 406 |
| 240                                      | -   | -     | -     | -     | -     | 261                    | 273   | 287    | 300    | 306                                       | 320    | 332    | 347    | 355    | 372 | 399 | 427 | 482 |
| <b>Aislamientos termoestables (90°C)</b> |   |       |       |       |       |                        |       |        |        | <b>Aislamientos termoplásticos (70°C)</b> |        |        |        |        |     |     |     |     |
| XLPE: Polietileno reticulado             |   |       |       |       |       | EPR: Etileno-propileno |       |        |        | PVC: Policloruro de vinilo                |        |        |        |        |     |     |     |     |

Tabla 2.1.12. Intensidades admisibles en amperios, temperatura ambiente 40 °C en el aire. UNE-HD 60364-5-52: 2014

| Sección nominal de los conductores unipolares (mm²) | Diámetro exterior de los tubos (mm) |    |    |    |    |
|---|-------------------------------------|----|----|----|----|
|   | Número de conductores               |    |    |    |    |
|   | 1                                   | 2  | 3  | 4  | 5  |
| 1,5   | 12                                  | 12 | 16 | 16 | 16 |
| 2,5   | 12                                  | 12 | 16 | 16 | 20 |
| 4   | 12                                  | 16 | 20 | 20 | 20 |
| 6   | 12                                  | 16 | 20 | 20 | 25 |
| 10  | 16                                  | 20 | 25 | 32 | 32 |
| 16  | 16                                  | 25 | 32 | 32 | 32 |
| 25  | 20                                  | 32 | 32 | 40 | 40 |
| 35  | 25                                  | 32 | 40 | 40 | 50 |
| 50  | 25                                  | 40 | 50 | 50 | 50 |
| 70  | 32                                  | 40 | 50 | 63 | 63 |
| 95  | 32                                  | 50 | 63 | 63 | 75 |
| 120   | 40                                  | 50 | 63 | 75 | 75 |
| 150   | 40                                  | 63 | 75 | 75 | -- |
| 185   | 50                                  | 63 | 75 | -- | -- |
| 240   | 50                                  | 75 | -- | -- | -- |

Tabla 2.1.13. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

▪ **Criterio caídas de tensión**

El cálculo mediante este criterio viene recogido en la tabla 2.1.14.

- Los puntos 1,2,3,4,6,7 son datos ya calculados previamente con los que se va a obtener la sección necesaria para cumplir el criterio.
- El punto 5 se calcula mediante la ecuación (2.1.4).
- Los puntos 8 y 9 son la caída de tensión máxima establecida para cumplir el criterio.
- El punto 10 se calcula mediante la ecuación (2.1.7).
- El punto 11 es la sección normalizada más próxima adecuada, en este caso se sobredimensiona hasta una sección de 4mm<sup>2</sup>.
- El punto 12 corresponde a la caída de tensión debida a una sección de 4 mm<sup>2</sup>.

| Caída de tensión                          |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PANELES-INVERSOR                          | Serie 1 | Serie 2 | Serie 3 | Serie 4 | Serie 5 | Serie 6 | Serie 7 | Serie 8 |
| 1.Numero de paneles por string            | 13      | 13      | 14      | 14      | 14      | 14      | 14      | 14      |
| 2.Longitud de cada string (m)             | 15,85   | 15,85   | 10,15   | 11      | 11      | 10,15   | 15,85   | 15,85   |
| 3.Potencia string (W)                     | 5200    | 5200    | 5600    | 5600    | 5600    | 5600    | 5600    | 5600    |
| 4.Tensión string (V)                      | 682,37  | 682,37  | 734,86  | 734,86  | 734,86  | 734,86  | 734,86  | 734,86  |
| 5.Intensidad (A)                          | 7,62    | 7,62    | 7,62    | 7,62    | 7,62    | 7,62    | 7,62    | 7,62    |
| 6.Intensidad máxima (A)                   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   | 10,56   |
| 7.Conductividad Cu (S*m/mm <sup>2</sup> ) | 56      |         |         |         |         |         |         |         |
| 8.CdT                                     | 1,0%    |         |         |         |         |         |         |         |
| 9.CdT (V)                                 | 6,82    | 6,82    | 7,35    | 7,35    | 7,35    | 7,35    | 7,35    | 7,35    |
| 10.Sección (mm <sup>2</sup> )             | 0,63    | 0,63    | 0,40    | 0,44    | 0,44    | 0,40    | 0,63    | 0,63    |
| 11.Sección normalizada (mm <sup>2</sup> ) | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       |
| 12.CdT (V)                                | 1,08    | 1,08    | 0,69    | 0,75    | 0,75    | 0,69    | 1,08    | 1,08    |

**Tabla 2.1.14. Resultados criterio caída de tensión para el cableado de continua.**

Finalmente se elige la sección más restrictiva, para el tramo de corriente continua se elige una de 4 mm<sup>2</sup>.

Mediante la tabla 2.1.13, extraída de la ITC-BT-21 se determina el diámetro de los tubos de protección. Para este caso se establece un diámetro de 16 mm.

- **CABLEADO DE CORRIENTE ALTERNA (INVERSOR-CUADRO BAJA TENSIÓN)**

▪ **Criterio térmico**

La intensidad admisible se calcula mediante la ecuación (2.1.4). Para las 5 líneas la intensidad de salida del inversor es la misma. Se elige un método de instalación de la tabla 2.1.11 y con estos dos datos se entra en la tabla 2.1.12.

Así pues, los datos de entrada son:

- $I_{adm} = 57,74$  A.
- Método de instalación: D1.
- Aislante: XLPE 3 conductores.

En este caso van a aplicarse los criterios de corrección de la tabla 2.1.15 recogidos en la ITC-BT-07 y en la misma tabla se muestra la intensidad admisible corregida y la sección normalizada según este criterio para las 5 líneas del inversor hasta el cuadro de baja tensión.

| Criterio térmico   |           |
|--|-----------|
| Terna de cables unipolares con neutro en instalación enterrada | ITC-BT-07 |
| $I_{adm}$ (A)  | 57,74     |
| Corrección debida a temperatura de terreno (40°C)              | 0,88      |
| Corrección debida a agrupación de 5 ternas en la zanja         | 0,6       |
| Corrección debida a cables enterrados dentro de tubo           | 0,9       |
| $I_{adm}$ corregida (A)  | 121,50    |
| Sección normalizada (mm <sup>2</sup> )                         | 35        |

**Tabla 2.1.15. Resultados criterio térmico para las líneas entre los inversores y el cuadro de baja tensión.**

▪ **Criterio caídas de tensión**

El cálculo mediante este criterio viene recogido en la tabla 2.1.16.

- Los puntos 1,2,3,4,6 son datos ya calculados previamente con los que se va a obtener la sección necesaria para cumplir el criterio.
- El punto 5 se calcula mediante la ecuación (2.1.6).
- Los puntos 7 y 8 son la caída de tensión máxima establecida para cumplir el criterio.

- El punto 9 se calcula mediante la ecuación (2.1.8).
- El punto 10 es la sección normalizada más próxima adecuada.
- El punto 11 corresponde a la caída de tensión debida a cada una de las secciones.

| Cdt  |       |       |       |       |        |
|--|-------|-------|-------|-------|--------|
| INVERSOR-CUADRO BT                         | L1    | L2    | L3    | L4    | L5     |
| 1. Número de paneles por seguidor          | 110   | 110   | 110   | 110   | 110    |
| 2. Longitud de cada línea (m)              | 24,95 | 54,3  | 83,95 | 83,95 | 124,77 |
| 3. Potencia inversor (kW)                  | 40    | 40    | 40    | 40    | 40     |
| 4. Tensión salida inversor (V)             | 400   | 400   | 400   | 400   | 400    |
| 5. Intensidad salida inversor (A)          | 57,74 | 57,74 | 57,74 | 57,74 | 57,74  |
| 6. Conductividad Cu (S*m/mm <sup>2</sup> ) | 56    |       |       |       |        |
| 7. CdT                                     | 1,0%  |       |       |       |        |
| 8. CdT (V)                                 | 4,00  | 4,00  | 4,00  | 4,00  | 4,00   |
| 9. Sección (mm <sup>2</sup> )              | 11,14 | 24,24 | 37,48 | 37,48 | 55,70  |
| 10. Sección normalizada (mm <sup>2</sup> ) | 16,00 | 35    | 50    | 50    | 70     |
| 11. CdT (V)                                | 0,46  | 2,77  | 3,00  | 3,00  | 3,18   |

Tabla 2.1.16. Resultados criterio caídas de tensión para las líneas entre los inversores y el cuadro de baja tensión.

| Selección   |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| Sección normalizada (mm <sup>2</sup> )              | 35  | 35  | 50  | 50  | 70  |
| I <sub>z</sub> (A)                                  | 125 | 190 | 230 | 230 | 280 |
| Sección normalizada cable neutro (mm <sup>2</sup> ) | 16  | 16  | 25  | 25  | 35  |
| Diámetro tubos de protección (mm) ITCBT21           | 90  | 90  | 110 | 110 | 125 |

Tabla 2.1.17. Selección de secciones de conductores y neutro y diámetro de los tubos de protección para las líneas entre los inversores y el cuadro de baja tensión.

Para las secciones seleccionadas se obtiene el diámetro de los tubos, que van a ir enterrados, mediante la tabla 2.1.13 y la sección de cable neutro mediante la tabla 2.1.18.

| Conductores fase<br>(mm <sup>2</sup> ) | Sección neutro<br>(mm <sup>2</sup> ) |
|--|--------------------------------------|
| 6 (Cu)                                 | 6                                    |
| 10 (Cu)                                | 10                                   |
| 16 (Cu)                                | 10                                   |
| 16 (Al)                                | 16                                   |
| 25                                     | 16                                   |
| 35                                     | 16                                   |
| 50                                     | 25                                   |
| 70                                     | 35                                   |
| 95                                     | 50                                   |
| 120                                    | 70                                   |
| 150                                    | 70                                   |
| 185                                    | 95                                   |
| 240                                    | 120                                  |
| 300                                    | 150                                  |
| 400                                    | 185                                  |

Tabla 2.1.18. Elección cable neutro según ITC-BT-07

- **CABLEADO DE CORRIENTE ALTERNA (CUADRO BAJA TENSIÓN-INTERRUPTOR BAJA TENSIÓN)**

▪ **Criterio térmico**

La intensidad admisible se calcula mediante la ecuación (2.1.4). Se elige un método de instalación de la tabla 2.1.11 y con estos dos datos se entra en la tabla 2.1.12.

Así pues, los datos de entrada son:

- $I_{adm} = 288,68 \text{ A}$ .
- Método de instalación: D1.
- Aislante: XLPE 3 conductores.

De la tabla 2.1.12 se determina una sección mínima de 150 mm<sup>2</sup>.

▪ **Criterio caídas de tensión**

El cálculo mediante este criterio viene recogido en la tabla 2.1.19.

- Los puntos 1,2,3,5 son datos ya calculados previamente con los que se va a obtener la sección necesaria para cumplir el criterio.
- El punto 4 se calcula mediante la ecuación (2.1.6).
- Los puntos 6 y 7 son la caída de tensión máxima establecida para cumplir el criterio.
- El punto 8 se calcula mediante la ecuación (2.1.8).

- El punto 9 es la sección normalizada más próxima adecuada.
- El punto 10 corresponde a la caída de tensión debida a la sección elegida.

| Cdt                                       |        |
|---|--------|
| CUADRO BT-INTERRUPTOR BT                  | L6     |
| 1.Longitud línea (m)                      | 5      |
| 2.Potencia instalación (W)                | 200000 |
| 3.Tesion línea (V)                        | 400    |
| 4.Intensidad (A)                          | 288,68 |
| 5.Conductividad Cu (S*m/mm <sup>2</sup> ) | 56     |
| 6.CdT                                     | 1,0%   |
| 7.CdT (V)                                 | 4,00   |
| 8.Seccion (mm <sup>2</sup> )              | 11,16  |
| 9.Seccion normalizada (mm <sup>2</sup> )  | 16     |
| 10.CdT (V)                                | 0,30   |

**Tabla 2.1.19. Resultados criterio caídas de tensión para la línea del cuadro de tensión hasta el interruptor de baja tensión.**

| Selección   |     |
|---|-----|
| Sección normalizada (mm <sup>2</sup> )              | 150 |
| I <sub>z</sub> (A)                                  | 338 |
| Sección normalizada cable neutro (mm <sup>2</sup> ) | 95  |
| Diámetro tubos de protección (mm) ITCBT21           | 180 |

**Tabla 2.1.20. Selección de secciones de conductores y neutro y diámetro de los tubos de protección para la línea del cuadro de tensión hasta el interruptor de baja tensión.**

Se elige la sección de 150 mm<sup>2</sup> para los conductores, de 95 mm<sup>2</sup> para el cable neutro y un tubo de protección para la línea de 180 mm.

#### 2.1.1.4. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES

##### - PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA

| PANELES-INVERSOR | Serie 1 | Serie 2 | Serie 3 | Serie 4 | Serie 5 | Serie 6 | Serie 7 | Serie 8 |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $I_b$ (A)        | 10,56   |         |         |         |         |         |         |         |
| $I_z$ (A)        | 38      |         |         |         |         |         |         |         |
| Fusible          | 16 A    |         |         |         |         |         |         |         |

Tabla 2.1.21. Protecciones (fusibles) para la parte de corriente continua.

Los fusibles se eligen tomando como límite mínimo la intensidad que va a circular por el cable, calculado con la ecuación (2.1.4) y como límite máximo la intensidad de diseño de la sección del cable elegida. La intensidad del fusible elegido tiene que estar entre esos dos límites.

##### - PROTECCIONES INVERSOR-CUADRO BAJA TENSIÓN

| INVERSOR-CUADRO BT                          | L1         | L2  | L3  | L4  | L5  |
|---|------------|-----|-----|-----|-----|
| $I_b$ (A)                                   | 57,74      |     |     |     |     |
| $I_z$ (A)                                   | 125        | 190 | 230 | 230 | 280 |
| Magnetotérmico Curva C                      | 63         |     |     |     |     |
| Magnetotérmico Curva B (grandes longitudes) |            |     | 63  |     |     |
| Diferencial                                 | 63/ 300 mA |     |     |     |     |

Tabla 2.1.22. Protecciones de las líneas de los inversores hasta el cuadro de baja tensión.

De igual manera que con los fusibles, los magnetotérmicos y el diferencial se eligen estableciendo los límites en los que la protección debe situarse, mediante la intensidad calculada con la ecuación (2.1.6).

- **PROTECCION CUADRO BAJA TENSIÓN-INTERRUPTOR DE BAJA TENSIÓN**

| CUADRO BT- CT              |        |
|----------------------------|--------|
| $I_b$ (A)                  | 288,68 |
| $I_z$ (A)                  | 338    |
| Magnetotérmico Curva C (A) | 300    |

**Tabla 2.1.23. Protección cuadro baja tensión-interruptor de baja tensión**

Se determina un magnetotérmico general de 300 A.

2.1.1.1. **CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN.**

La sección de la línea de puesta a tierra se determina mediante la tabla 2.1.24, correspondiente a la Tabla 2 de la ITC-BT-18.

| Sección de los conductores de fase de la instalación $S$ (mm <sup>2</sup> ) | Sección mínima de los conductores de protección $S_p$ (mm <sup>2</sup> ) |
|---|--|
| $S \leq 16$   | $S_p = S$  |
| $16 < S \leq 35$  | $S_p = 16$   |
| $S > 35$  | $S_p = S/2$  |

**Tabla 2.1.24. Sección conductores de puesta a tierra según ITC-BT-18**

Para la parte de corriente continua se opta por poner una sección de puesta a tierra de igual sección que los cables de conducción.

La puesta a tierra de los seguidores se establece en 35 mm<sup>2</sup> siendo la sección más grande de todas las líneas.

La zanja para la línea de tierra se distingue en el último tramo de la zanja de las líneas para cumplir con la distancia mínima entre la tierra de las masas de la instalación y la de las masas del centro de transformación, como indica la ITC-BT-18. La distancia entre las dos tomas de tierra mediante la ecuación (2.1.9) da como resultado 15,91 m.

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot U} \quad (2.1.9)$$

Donde:

- D: distancia entre electrodos, en metros
  - $\rho$ : resistividad media del terreno en ohmios. Metro
  - $I_d$ : intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica (400 A)
  - U: 1200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos.
- CALCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

$$R_{pica} = \frac{\rho}{l_{pica}} \quad (2.1.10)$$

$$R_{total} = \frac{k \cdot R_{pica}}{n} \quad (2.1.11)$$

$$R_{conductor} = \frac{2 \cdot \rho_{terreno}}{l_{conductor}} \quad (2.1.12)$$

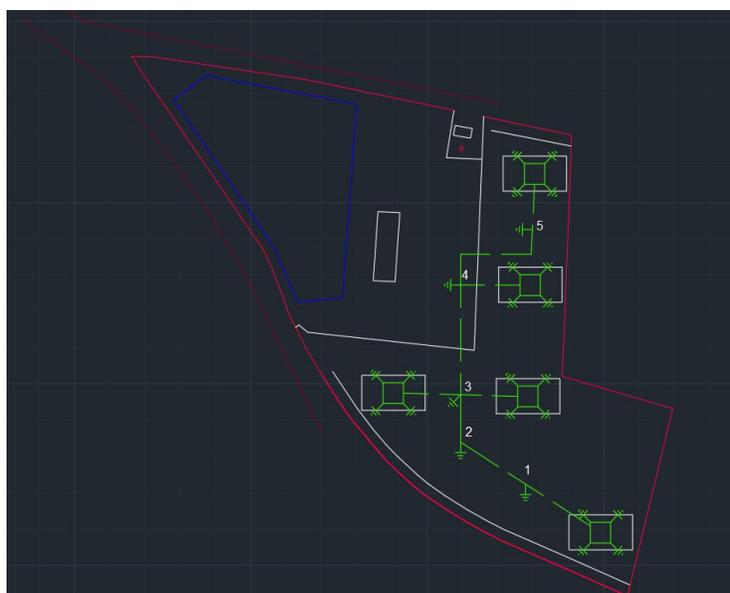
Donde:

- $\rho$ : Resistividad del terreno.
- k: Relación entre la distancia y la longitud de las picas.
- $R_{pica}$ : Resistencia de las picas.
- $R_{total}$ : Resistencia agrupación picas en paralelo.
- $R_{conductor}$ : Resistencia del conductor de puesta a tierra

| Número y disposición de las picas | Relación D/L |      |      |      |      |      |      | k |
|-----------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|---|
|                                   | 1            | 1,5  | 2    | 2,5  | 3    | 3,5  | 4    |   |
| 2 en línea                        | 1,17         | 1,12 | 1,09 | 1,07 | 1,06 | 1,05 | 1,05 |   |
| 3 en línea                        | 1,26         | 1,18 | 1,14 | 1,11 | 1,09 | 1,08 | 1,07 |   |
| 3 en triángulo                    | 1,34         | 1,23 | 1,18 | 1,15 | 1,12 | 1,1  | 1,09 |   |
| 4 en línea                        | 1,43         | 1,29 | 1,23 | 1,18 | 1,15 | 1,13 | 1,12 |   |
| 4 en cuadrado                     | 1,46         | 1,32 | 1,25 | 1,2  | 1,17 | 1,14 | 1,13 |   |

**Tabla 2.1.25. Valor para k dependiendo de la disposición de las picas**

El procedimiento para obtener la resistencia de puesta a tierra consiste en ir sumando resistencias. Observando la imagen 2.1.1 se puede ir sumando tramo a tramo las resistencias dependiendo de las partes donde hay conductor desnudo, picas o agrupación de picas en paralelo.



**Imagen 2.1.1. Sistema de puesta a tierra de la instalación**

Se calculan por separado la resistencia de las picas, del conductor de puesta a tierra y con estas dos se calcula la resistencia de puesta a tierra de los seguidores haciendo una agrupación de resistencias en paralelo.

|                                    |       |                  |
|------------------------------------|-------|------------------|
| Resistividad del terreno           | 300   | $\Omega\text{m}$ |
| Longitud picas                     | 2     | m                |
| Resistencia pica (2.1.10)          | 150   | $\Omega$         |
| Resistencia conductor PaT (2.1.12) | 25    | $\Omega$         |
| Resistencia PaT seguidores         | 15,72 | $\Omega$         |

**Tabla 2.1.21. Resistencias de puesta a tierra**

Se construye la tabla 2.1.23. haciendo agrupaciones de resistencias en serie y en paralelo con la imagen 2.1.1 y se obtiene una resistencia total de 19,96  $\Omega$ .

|                      |       |          |
|----------------------|-------|----------|
| Seguidor 1 + 12,46 m | 63,88 | $\Omega$ |
| Seguidor 2 + 16,84 m | 51,35 | $\Omega$ |
| Seguidor 3 + 16,2 m  | 52,76 | $\Omega$ |
| Seguidor 4 + 16,2 m  | 52,76 | $\Omega$ |
| Seguidor 5 + 21,72 m | 43,35 | $\Omega$ |

**Tabla 2.1.22. Resistencia de las picas bajo los seguidores en serie con el conductor hasta la siguiente pica más próxima.**

|   |       |          |
|---|-------|----------|
| RESISTENCIA TOTAL   |       |          |
| Seguidor 5 // 1 pica (1)                                  | 33,63 | $\Omega$ |
| (1) - 21,72 m (2)   | 61,25 | $\Omega$ |
| (2) // 1 pica   | 43,49 | $\Omega$ |
| (2) - 13,07 m (3)   | 89,40 | $\Omega$ |
| (3) // 1 pica // Seguidor 3 +16,2 m // Seguidor 4 +16,2 m | 17,93 | $\Omega$ |
| (3) - 30,25 m (4)   | 37,77 | $\Omega$ |
| (4) // 1 pica // Seguidor 2 + 16,84 m                     | 19,01 | $\Omega$ |
| (4) - 35,34 m (5)   | 35,98 | $\Omega$ |
| (5) // 1 pica // Seguidor 1+ 12,46 m                      | 19,96 | $\Omega$ |
| Tensión máxima defecto                                    | 5,987 | V        |

**Tabla 2.1.23. Cálculo de la resistencia de puesta a tierra**

## 2.1.2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 2.1.2.1. INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (2.1.a)$$

Donde:

P: potencia del transformador [kVA]

U<sub>p</sub>: tensión primaria [kV]

I<sub>p</sub>: intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 250 kVA.

$$I_p = 7,217 \text{ A}$$

### 2.1.2.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN

La tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s} \quad (2.2.a)$$

Donde:

P: potencia del transformador [kVA]

$U_s$ : tensión en el secundario [kV]

$I_s$ : intensidad en el secundario [A]

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor

$$I_s = 343,661 \text{ A.}$$

### 2.1.2.3. CORTOCIRCUITOS

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

#### - CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (2.3.2.a)$$

Donde:

$S_{cc}$ : potencia de cortocircuito de la red [MVA]

$U_p$ : tensión de servicio [kV]

$I_{ccp}$ : corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s} \quad (2.3.2.b)$$

Donde:

P: potencia de transformador [kVA]

$E_{cc}$ : tensión de cortocircuito del transformador [%]

$U_s$ : tensión en el secundario [V]

$I_{ccs}$ : corriente de cortocircuito [kA]

- Cortocircuito en el lado de Media Tensión

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 10,104 \text{ kA}$$

- Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 250 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula 2.3.2.b:

$$I_{ccs} = 8,592 \text{ kA}$$

#### 2.1.2.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

- Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que, con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

- Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.2.a de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc}(\text{din}) = 25,26 \text{ kA}$$

- Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparataje por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc}(ter) = 10,104 \text{ kA.}$$

#### 2.1.2.5. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

##### - PROTECCIONES EN MT

La celda de protección de este transformador incorpora el relé ekorRPT, que permite que la celda, además de protección contra cortocircuitos, proteja contra sobreintensidades o sobrecargas y contra fugas a tierra.

Se consigue así que la celda de protección con fusibles realice prácticamente las mismas funciones que un interruptor automático, pero con velocidad muy superior de los fusibles en el caso de cortocircuitos. De esta forma se limitan los efectos térmicos y dinámicos de las corrientes de cortocircuitos y se protege de una manera más efectiva la instalación.

También dispone de un termómetro, que verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

## - PROTECCIONES EN BT

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado en el apartado 2.3.4.

### 2.1.2.6. DIMENSIONADO DE LOS PUENTES DE MT

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 7,217 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm<sup>2</sup> de Al según el fabricante.

### 2.1.2.7. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformadores de potencia unitaria hasta 1000 kVA.
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA.

#### 2.1.2.8. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

#### 2.1.2.9. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

El Reglamento de Alta Tensión indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 300 Ohm·m.

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

- De la red:
  - Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
  - Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo

relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

$$I_{dmax\ cal.} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}} \quad (2.9.2.a)$$

Donde:

$U_n$ : Tensión de servicio [kV]

$R_n$ : Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$X_n$ : Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$I_{dmax\ cal.}$ : Intensidad máxima calculada [A]

La  $I_d$  máxima en este caso será, según la fórmula 2.9.2.a:

$$I_{dmax\ cal} = 461,883 \text{ A}$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d \max} = 400 \text{ A}$$

- DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRA

- Características de la red de alimentación:

- o Tensión de servicio:  $U_r = 20 \text{ kV}$

- Puesta a tierra del neutro:

- o Resistencia del neutro  $R_n = 0 \text{ Ohm}$

- o Reactancia del neutro  $X_n = 25 \text{ Ohm}$

- o Limitación de la intensidad a tierra  $I_{dm} = 400 \text{ A}$

- Tipo de protección:

- o Intensidad de arranque  $I'_a = 100 \text{ A}$

- o Tiempo de despeje  $t' = 0.2 \text{ seg}$

- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:
  - o  $V_{bt} = 10.000 \text{ V}$
  
- Características del terreno:
  - o Resistencia de tierra  $R_o = 300 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
  - o Resistencia del hormigón  $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt} \quad (2.9.4.a)$$

Donde:

$I_d$ : intensidad de falta a tierra [A]

$R_t$ : resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$V_{bt}$ : tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (2.9.4.b)$$

Donde:

$U_n$ : tensión de servicio [V]

$R_n$ : resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$R_t$ : resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$X_n$ : reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$I_d$ : intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 230,94 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$R_t = 43,3 \text{ Ohm}$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una  $K_r$  más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o} \quad (2.9.4.c)$$

Donde:

$R_t$ : resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$R_o$ : resistividad del terreno en [Ohm·m]

$K_r$ : coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq 0,1443$$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 70/25/5/44
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 7.0x4.0 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: Cuatro
- Longitud de las picas: 4 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia  $K_r = 0,07$
- De la tensión de paso  $K_p = 0,0148$
- De la tensión de contacto  $K_c = 0,0299$

- Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o \quad (2.9.4.d)$$

Donde:

$K_r$ : coeficiente del electrodo

$R_o$ : resistividad del terreno en [Ohm·m]

$R'_t$ : resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

por lo que para el Centro de Transformación:

$$R'_t = 21 \text{ Ohm}$$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (2.9.4.b):

$$I'd = 353,664 \text{ A}$$

### 2.1.2.10. CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d \quad (2.9.5.a)$$

Donde:

$R'_t$ : resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$I'_d$ : intensidad de defecto [A]

$V'_d$ : tensión de defecto [V]

por lo que en el Centro de Transformación:

$$V'_d = 7426,938 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.5.b)$$

Donde:

$K_c$ : coeficiente

$R_o$ : resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$ : intensidad de defecto [A]

$V'_c$ : tensión de paso en el acceso [V]

por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$V'_c = 3.172 \text{ V}$$

#### 2.1.2.11. CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.6.a)$$

Donde:

$K_p$ : coeficiente

$R_o$ : resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$ : intensidad de defecto [A]

$V'_p$ : tensión de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso:

$$V'_p = 1570,267 \text{ V en el Centro de Transformación}$$

#### 2.1.2.12. CÁLCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

- $t = 0,2 \text{ s}$

Tensión de paso en el exterior:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot R_0}{1000} \right] \quad (2.9.7.a)$$

Donde:

$U_{ca}$ : valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta

$R_0$ : resistividad del terreno en [Ohm·m]

$R_{a1}$ : Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc.  
[Ohm]

por lo que, para este caso

$$U_p = 35904 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$U_{pacc} = 10 * U_{ca} \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_0}{1000} \right] \quad (2.9.7.b)$$

Donde:

$V_{ca}$ : valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta

$R_0$ : resistividad del terreno en [Ohm·m]

$R'_0$ : resistividad del hormigón en [Ohm·m]

$R_{a1}$ : Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc.  
[Ohm]

por lo que, para este caso

$$U_{pacc} = 78.672 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$U'_p = 1570,267 \text{ V} < U_p = 35904 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$U'_{pacc} = 3.172 \text{ V} < U_{pacc} = 78.672 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$U'_d = 7426,938 \text{ V} < U_{bt} = 10.000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$I_a = 100 \text{ A} < I_d = 353,664 \text{ A} < I_{dm} = 400 \text{ A}$$

### 2.1.2.13. TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi} \quad (2.9.8.a)$$

Donde:

$R_o$ : resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$ : intensidad de defecto [A]

D: distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

$$D = 16,855 \text{ m}$$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/34 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: tres
- Longitud entre picas: 4 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

$$K_r = 0,075$$

$$K_c = 0,0128$$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

$$R_{t_{serv}} = K_r \cdot R_o = 0,075 \cdot 300 = 22,5 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

#### 2.1.2.14. CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "Kr" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

## 2.2. FICHAS TÉCNICAS

# Cheetah HC 72M

## 390-410 Watt

MONO PERC HALF CELL MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

- Half Cell
- Mono PERC 72 Cell



PERC



### KEY FEATURES



#### 5 Busbar Solar Cell

5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



#### High Efficiency

Higher module conversion efficiency (up to 20.38%) benefit from half cell structure (low resistance characteristic).



#### PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.



#### Low-light Performance

Advanced glass and cell surface textured design ensure excellent performance in low-light environment.



#### Severe Weather Resilience

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



#### Durability Against Extreme Environmental Conditions

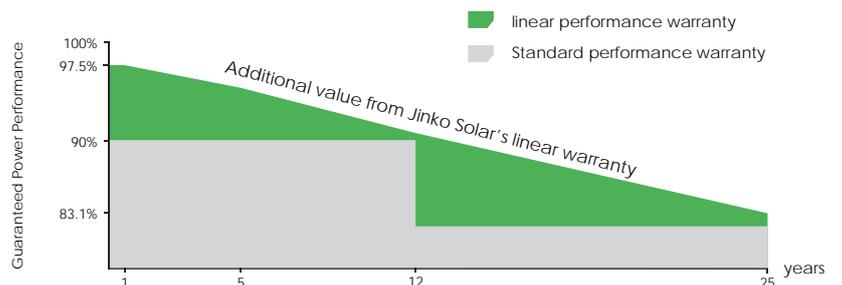
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

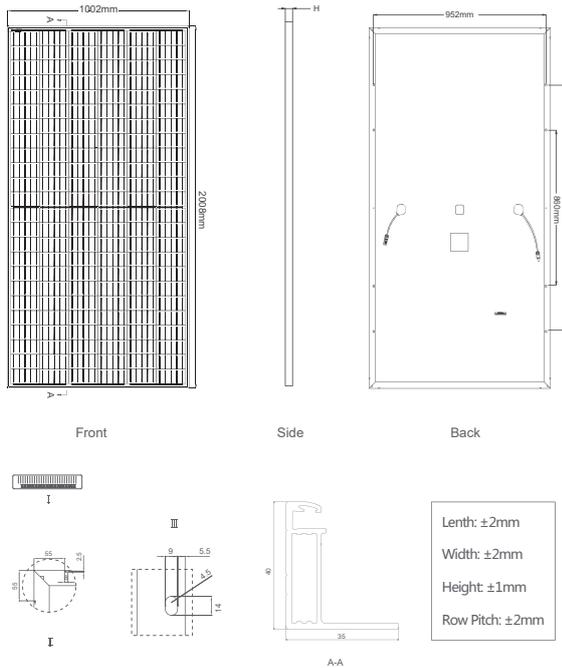
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



- ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory
- IEC61215, IEC61730, UL1703 certified product



## Engineering Drawings

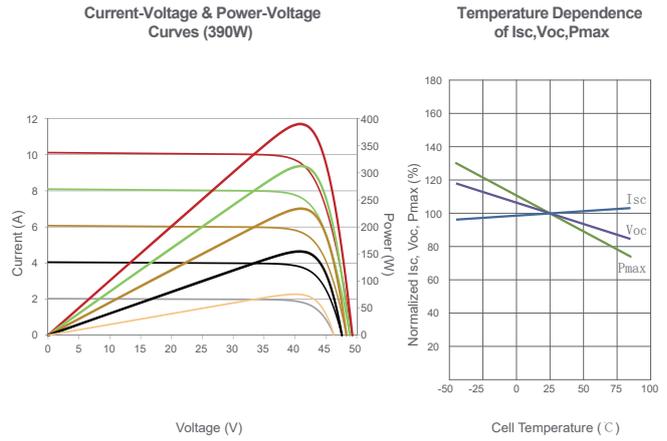


## Packaging Configuration

( Two pallets =One stack )

27pcs/pallet , 54pcs/stack, 594pcs/40'HQ Container

## Electrical Performance & Temperature Dependence



## Mechanical Characteristics

|                  |   |
|------------------|---|
| Cell Type        | Mono PERC 158.75×158.75mm   |
| No.of Half-cells | 144 (6×24)  |
| Dimensions       | 2008×1002×40mm (79.06×39.45×1.57 inch)                                      |
| Weight           | 22.5 kg (49.6 lbs)  |
| Front Glass      | 3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass |
| Frame            | Anodized Aluminium Alloy  |
| Junction Box     | IP67 Rated  |
| Output Cables    | TÜV 1x4.0mm <sup>2</sup> , (+) 290mm, (-) 145mm or Customized Length        |

## SPECIFICATIONS

| Module Type                               | JKM390M-72H        |               | JKM395M-72H   |               | JKM400M-72H   |               | JKM405M-72H   |               | JKM410M-72H   |       |
|---|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|
|   | JKM390M-72H-V      | JKM395M-72H-V | JKM395M-72H-V | JKM400M-72H-V | JKM400M-72H-V | JKM405M-72H-V | JKM405M-72H-V | JKM410M-72H-V | JKM410M-72H-V |       |
|   | STC                | NOCT          | STC           | NOCT          | STC           | NOCT          | STC           | NOCT          | STC           | NOCT  |
| Maximum Power (Pmax)                      | 390Wp              | 294Wp         | 395Wp         | 298Wp         | 400Wp         | 302Wp         | 405Wp         | 306Wp         | 410Wp         | 310Wp |
| Maximum Power Voltage (Vmp)               | 41.1V              | 39.1V         | 41.4V         | 39.3V         | 41.7V         | 39.6V         | 42.0V         | 39.8V         | 42.3V         | 40.0V |
| Maximum Power Current (Imp)               | 9.49A              | 7.54A         | 9.55A         | 7.60A         | 9.60A         | 7.66A         | 9.65A         | 7.72A         | 9.69A         | 7.76A |
| Open-circuit Voltage (Voc)                | 49.3V              | 48.0V         | 49.5V         | 48.2V         | 49.8V         | 48.5V         | 50.1V         | 48.7V         | 50.4V         | 48.9V |
| Short-circuit Current (Isc)               | 10.12A             | 8.02A         | 10.23A        | 8.09A         | 10.36A        | 8.16A         | 10.48A        | 8.22A         | 10.60A        | 8.26A |
| Module Efficiency STC (%)                 | 19.38%             |               | 19.63%        |               | 19.88%        |               | 20.13%        |               | 20.38%        |       |
| Operating Temperature (°C)                | -40°C~+85°C        |               |               |               |               |               |               |               |               |       |
| Maximum System Voltage                    | 1000/1500VDC (IEC) |               |               |               |               |               |               |               |               |       |
| Maximum Series Fuse Rating                | 20A                |               |               |               |               |               |               |               |               |       |
| Power Tolerance                           | 0~+3%              |               |               |               |               |               |               |               |               |       |
| Temperature Coefficients of Pmax          | -0.35%/°C          |               |               |               |               |               |               |               |               |       |
| Temperature Coefficients of Voc           | -0.29%/°C          |               |               |               |               |               |               |               |               |       |
| Temperature Coefficients of Isc           | 0.048%/°C          |               |               |               |               |               |               |               |               |       |
| Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) | 45±2°C             |               |               |               |               |               |               |               |               |       |

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup> Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

\* Power measurement tolerance: ± 3%

# SUN2000-30/36/40KTL-M3 Smart PV Controller



## Smart

8 strings intelligent monitoring



## Efficient

Max. efficiency 98.7%



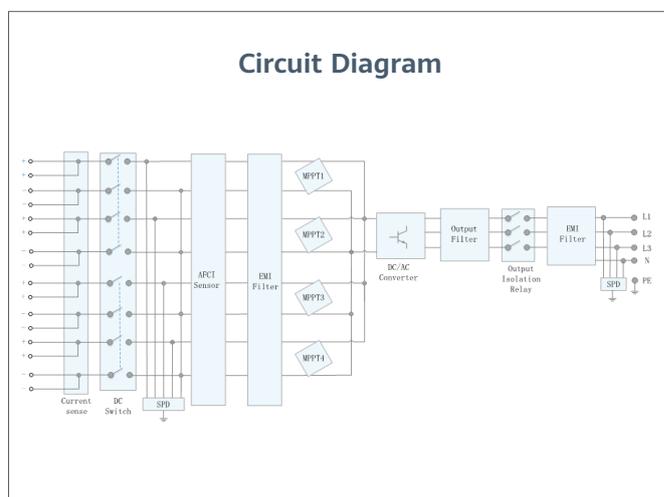
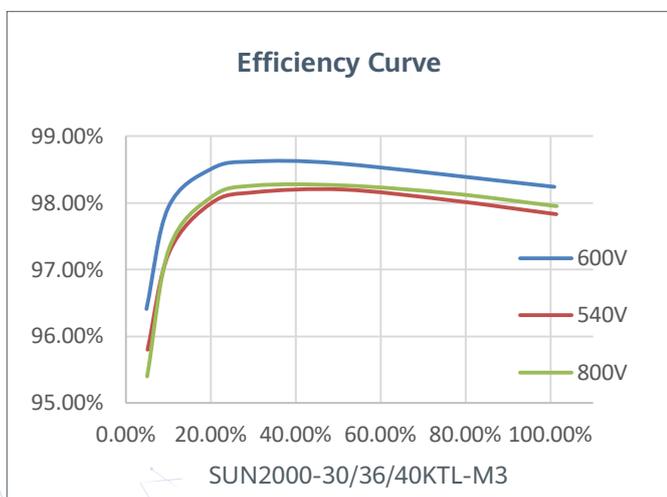
## Safe

Fuse free design



## Reliable

Type II surge arresters for DC & AC



SUN2000-30/36/40KTL-M3  
**Technical Specification**

| Technical Specification | SUN2000-30KTL-M3 | SUN2000-36KTL-M3 | SUN2000-40KTL-M3 |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|

| Efficiency          |       |
|---------------------|-------|
| Max. Efficiency     | 98.7% |
| European Efficiency | 98.4% |

| Input                                     |                |
|---|----------------|
| Max. Input Voltage <sup>1</sup>           | 1,100 V        |
| Max. Current per MPPT                     | 26 A           |
| Max. Short Circuit Current per MPPT       | 40 A           |
| Start Voltage                             | 200 V          |
| MPPT Operating Voltage Range <sup>2</sup> | 200 V ~ 1000 V |
| Rated Input Voltage                       | 600 V          |
| Number of Inputs                          | 8              |
| Number of MPP Trackers                    | 4              |

| Output                         |                                      |           |           |
|--------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|
| Rated AC Active Power          | 30,000 W                             | 36,000 W  | 40,000 W  |
| Max. AC Apparent Power         | 33,000 VA <sup>3</sup>               | 40,000 VA | 44,000 VA |
| Rated Output Voltage           | 230 Vac / 400 Vac / 480 Vac, 3W/N+PE |           |           |
| Rated AC Grid Frequency        | 50 Hz / 60 Hz                        |           |           |
| Rated Output Current           | 43.3 A                               | 52.0 A    | 57.8 A    |
| Max. Output Current            | 47.9 A                               | 58.0 A    | 63.8 A    |
| Adjustable Power Factor Range  | 0.8 LG ... 0.8 LD                    |           |           |
| Max. Total Harmonic Distortion | < 3%                                 |           |           |

| Protection                           |     |
|--------------------------------------|-----|
| Input-side Disconnection Device      | Yes |
| Anti-islanding Protection            | Yes |
| AC Overcurrent Protection            | Yes |
| DC Reverse-polarity Protection       | Yes |
| PV-array String Fault Monitoring     | Yes |
| DC Surge Arrester                    | Yes |
| AC Surge Arrester                    | Yes |
| DC Insulation Resistance Detection   | Yes |
| Residual Current Monitoring Unit     | Yes |
| Arc Fault Protection                 | Yes |
| Ripple Receiver Control              | Yes |
| Integrated PID Recovery <sup>4</sup> | Yes |

| Communication         |  |
|-----------------------|--|
| Display               | LED Indicators, Integrated WLAN + FusionSolar APP  |
| RS485                 | Yes  |
| Smart Dongle          | WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional)<br>4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional) |
| Monitoring BUS (MBUS) | Yes (Isolation Transformer required)   |

| General Data                 |  |
|------------------------------|--|
| Dimensions (W x H x D)       | 640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch) |
| Weight (with mounting plate) | 43 kg (94.8 lb)                              |
| Operating Temperature Range  | -25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)              |
| Cooling Method               | Natural Convection                           |
| Max. Operating Altitude      | 0 - 4,000 m (13,123 ft.)                     |
| Relative Humidity            | 0% RH ~ 100% RH                              |
| DC Connector                 | Staubli MC4                                  |
| AC Connector                 | Waterproof Connector + OT/DT Terminal        |
| Protection Degree            | IP 66  |
| Topology                     | Transformerless                              |
| Nighttime Power Consumption  | ≤ 5.5W                                       |

| Optimizer Compatibility      |                |
|------------------------------|----------------|
| DC MBUS Compatible Optimizer | SUN2000-450W-P |

| Standard Compliance (more available upon request) |   |
|---|---|
| Safety  | EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683  |
| Grid Connection Standards                         | IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, AS/NZS 4777.2, DEWA |

1. The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.  
2. Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.  
3. For Austria, German, Belgium & Ukraine the Max. AC Apparent Power will not exceed 30,000 VA (with regard to grid code: VDE-AR-N-4105, C10/11 & Austria)  
4. SUN2000-30~40KTL-M3 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly), N-type (nPRT, HIT)

# Hoja de características del producto

## Características

# A9F79463

Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 4P, 63 A, C curva, 6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)



### Principal

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Aplicación del dispositivo      | Distribución  |
| Gama                            | Acti 9  |
| Nombre del producto             | Acti 9 iC60   |
| Tipo de producto o componente   | Interruptor automático en miniatura   |
| Nombre corto del dispositivo    | IC60N   |
| Número de polos                 | 4P  |
| Número de polos protegidos      | 4   |
| [In] Corriente nominal          | 63 A  |
| Tipo de red                     | CC<br>CA  |
| Tecnología de unidad de disparo | Térmico-magnético   |
| Código de curva                 | C   |
| Capacidad de corte              | 6000 A Icn at 400 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60898-1<br>36 kA Icu at 12...60 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2<br>10 kA Icu en 380...415 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2<br>20 kA Icu en 220...240 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2<br>6 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2<br>36 kA Icu at 100...133 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2<br>10 kA Icu en <= 250 V CC acorde a EN/IEC 60947-2 |
| Categoría de empleo             | Category A conforming to EN 60947-2<br>Categoría A acorde a IEC 60947-2   |
| Poder de seccionamiento         | Yes conforming to EN 60898-1<br>Yes conforming to EN 60947-2<br>Yes conforming to IEC 60898-1<br>Sí acorde a IEC 60947-2  |
| Normas                          | IEC 60947-2<br>EN 60947-2<br>IEC 60898-1<br>EN 60898-1  |

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios

## Complementario

|   |  |
|---|--|
| Frecuencia de red   | 50/60 Hz   |
| Límite de enlace magnético                                      | 8 x In +/- 20%   |
| [Ics] poder de corte en servicio                                | 15 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz<br>7.5 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz<br>4.5 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz<br>15 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz<br>7.5 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz<br>4.5 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz<br>27 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 12...133 V AC 50/60 Hz<br>27 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 12...133 V AC 50/60 Hz<br>6000 A 100 % conforming to EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz<br>6000 A 100 % conforming to IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz<br>10 kA 100 % conforming to IEC 60947-2 - 180...250 V DC<br>10 kA 100 % conforming to EN 60947-2 - 180...250 V DC |
| [Ui] Tensión nominal de aislamiento                             | 500 V AC 50/60 Hz conforming to EN 60947-2<br>500 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2  |
| [Uimp] Resistencia a picos de tensión                           | 6 kV conforming to EN 60947-2<br>6 kV acorde a IEC 60947-2   |
| Indicador de posición del contacto                              | Sí   |
| Tipo de control   | Maneta   |
| Señalizaciones en local   | Indicador de disparo   |
| Tipo de montaje   | Fijo   |
| Soporte de montaje  | Carril DIN   |
| Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine | Arriba o abajo, estado 1 SÍ  |
| Pasos de 9 mm   | 8  |
| Altura  | 85 mm  |
| Anchura   | 72 mm  |
| Profundidad   | 78,5 mm  |
| Peso del producto   | 0,5 kg   |
| Color   | Blanco   |
| Durabilidad mecánica  | 20000 ciclos   |
| Durabilidad eléctrica   | 10000 ciclos   |
| Conexiones - terminales   | Single terminal (top or bottom) 1...35 mm <sup>2</sup> rigid<br>Single terminal (top or bottom) 1...25 mm <sup>2</sup> flexible  |
| Longitud de cable pelado para conectar bornas                   | 14 mm for top or bottom connection   |
| Par de apriete  | 3.5 N.m top or bottom  |
| Protección contra fugas a tierra                                | Bloque independiente   |

## Entorno

|  |  |
|--|--|
| Grado de protección IP                 | IP20 acorde a IEC 60529<br>IP20 conforming to EN 60529 |
| Grado de contaminación                 | 3 conforming to EN 60947-2<br>3 acorde a IEC 60947-2   |
| Categoría de sobretensión              | IV   |
| Tropicalización                        | 2 acorde a IEC 60068-1                                 |
| Humedad relativa                       | 95 % en 55 °C  |
| Altitud máxima de funcionamiento       | 0...2000 m   |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -35...70 °C  |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -40...85 °C  |

## Unidades de embalaje

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| Tipo de unidad del paquete 1 | PCE |
|------------------------------|-----|

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| Número de unidades en empaque      | 1         |
| Peso del empaque (Lbs)             | 0,515 kg  |
| Paquete 1 Altura                   | 0,750 dm  |
| Paquete 1 ancho                    | 0,700 dm  |
| Paquete 1 Longitud                 | 0,930 dm  |
| Tipo de unidad del paquete 2       | BB1       |
| Número de unidades en el paquete 2 | 3         |
| Peso del paquete 2                 | 1,616 kg  |
| Paquete 2 Altura                   | 7,6 cm    |
| Ancho del paquete 2                | 9,6 cm    |
| Longitud del paquete 2             | 22 cm     |
| Tipo de unidad del paquete 3       | S03       |
| Número de unidades en el paquete 3 | 33        |
| Paquete 3 Peso                     | 18,216 kg |
| Paquete 3 Altura                   | 30 cm     |
| Ancho del paquete 3                | 30 cm     |
| Paquete 3 Longitud                 | 40 cm     |

### Sostenibilidad de la oferta

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Estado de oferta sostenible          | Producto Green Premium  |
| Reglamento REACH                     | <a href="#">Declaración de REACH</a>  |
| Conforme con REACH sin SVHC          | Sí  |
| Directiva RoHS UE                    | Conforme<br><a href="#">Declaración RoHS UE</a>   |
| Sin metales pesados tóxicos          | Sí  |
| Sin mercurio                         | Sí  |
| Información sobre exenciones de RoHS | <a href="#">Sí</a>  |
| Normativa de RoHS China              | <a href="#">Declaración RoHS China</a><br>Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)   |
| Comunicación ambiental               | <a href="#">Perfil ambiental del producto</a>   |
| RAEE                                 | En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura. |

### Información Logística

|                |    |
|----------------|----|
| País de Origen | ES |
|----------------|----|

### Garantía contractual

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| Periodo de garantía | 18 months |
|---------------------|-----------|

# Hoja de características del producto

Especificaciones



## Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 4P, 63 A, B curva, 6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)

A9F78463

### Principal

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Aplicación del dispositivo      | Para corriente > 0,1 A   |
| Gama                            | Acti 9   |
| Nombre del producto             | Acti 9 iC60 RCBO   |
| Tipo de producto o componente   | Interruptor automático en miniatura  |
| Nombre corto del dispositivo    | IC60N  |
| Número de polos                 | 4P   |
| Número de polos protegidos      | 4  |
| [In] Corriente nominal          | 63 A   |
| Tipo de red                     | Corriente continua<br>AC   |
| Tecnología de unidad de disparo | Térmico-magnético  |
| Código de curva                 | B  |
| Capacidad de corte              | 6000 A Icn en 400 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1<br>36 kA Icu en 12...60 V AC 50/60 Hz acorde a Icu<br>10 kA Icu en 380...415 V AC 50/60 Hz acorde a Icu<br>20 kA Icu en 220...240 V AC 50/60 Hz acorde a Icu<br>6 kA Icu en 440 V AC 50/60 Hz acorde a Icu<br>36 kA Icu en 100...133 V AC 50/60 Hz acorde a Icu<br>10 kA Icu en <= 250 V corriente continua acorde a Icu |
| Categoría de empleo             | Categoría A acorde a HB1<br>Categoría A acorde a En > 50 A   |
| Poder de seccionamiento         | Sí acorde a EN 60898-1<br>Sí acorde a HB1<br>Sí acorde a IEC 60898-1<br>Sí acorde a En > 50 A  |
| Normas                          | En > 50 A<br>HB1<br>EN 60898-1<br>IEC 60898-1  |

### Complementario

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Frecuencia de red                | 50/60 Hz   |
| Límite de enlace magnético       | 4 x In +/- 20 %  |
| [Ics] poder de corte en servicio | 15 kA 75 % acorde a HB1 - 220...240 V AC 50/60 Hz<br>7,5 kA 75 % acorde a HB1 - 380...415 V AC 50/60 Hz<br>4,5 kA 75 % acorde a HB1 - 440 V AC 50/60 Hz<br>15 kA 75 % acorde a En > 50 A - 220...240 V AC 50/60 Hz<br>7,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 380...415 V AC 50/60 Hz<br>4,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 440 V AC 50/60 Hz<br>27 kA 75 % acorde a En > 50 A - 12...133 V AC 50/60 Hz |

27 kA 75 % acorde a HB1 - 12...133 V AC 50/60 Hz  
 6000 A 100 % acorde a EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz  
 6000 A 100 % acorde a IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz  
 10 kA 100 % acorde a En> 50 A - 180...250 V corriente continua  
 10 kA 100 % acorde a HB1 - 180...250 V corriente continua

|  |  |
|--|--|
| <b>[Ui] Tensión nominal de aislamiento</b>                             | 500 V AC 50/60 Hz acorde a HB1<br>500 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A  |
| <b>[Uimp] Resistencia a picos de tensión</b>                           | 6 kV acorde a HB1<br>6 kV acorde a En> 50 A  |
| <b>Indicador de posición del contacto</b>                              | Sí   |
| <b>Tipo de control</b>   | Maneta   |
| <b>Señalizaciones en local</b>   | Indicador de disparo   |
| <b>Tipo de montaje</b>   | Fijo   |
| <b>Soporte de montaje</b>  | Carril DIN   |
| <b>Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine</b> | Arriba o abajo, estado 1 Sí  |
| <b>Pasos de 9 mm</b>   | 8  |
| <b>Altura</b>  | 85 mm  |
| <b>Anchura</b>   | 72 mm  |
| <b>Profundidad</b>   | 78,5 mm  |
| <b>Peso del producto</b>   | 0,5 kg   |
| <b>Color</b>   | Blanco   |
| <b>Durabilidad mecánica</b>  | 20000 ciclos   |
| <b>Durabilidad eléctrica</b>   | 10000 ciclos   |
| <b>Conexiones - terminales</b>   | Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...35 mm <sup>2</sup> rígido<br>Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm <sup>2</sup> flexible |
| <b>Longitud de cable pelado para conectar bornas</b>                   | 14 mm para arriba o abajo conexión   |
| <b>Par de apriete</b>  | 3,5 N.m arriba o abajo   |
| <b>Protección contra fugas a tierra</b>                                | Bloque independiente   |

## Entorno

|   |   |
|---|---|
| <b>Grado de protección IP</b>                 | IP20 acorde a Activar / desactivar Ig<br>IP20 acorde a EN 60529 |
| <b>Grado de contaminación</b>                 | 3 acorde a HB1<br>3 acorde a En> 50 A                           |
| <b>Categoría de sobretensión</b>              | IV  |
| <b>Tropicalización</b>                        | 2 acorde a IEC 60068-1  |
| <b>Humedad relativa</b>                       | 95 % en 55 °C   |
| <b>Altitud máxima de funcionamiento</b>       | 0...2000 m  |
| <b>Temperatura ambiente de funcionamiento</b> | -35...70 °C   |
| <b>Temperatura ambiente de almacenamiento</b> | -40...85 °C   |

## Unidades de embalaje

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>Tipo de unidad del paquete 1</b>  | PCE |
| <b>Número de unidades en empaque</b> | 1   |

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| Peso del empaque (Lbs)             | 496 g     |
| Paquete 1 Altura                   | 7,5 cm    |
| Paquete 1 ancho                    | 7,2 cm    |
| Paquete 1 Longitud                 | 9,5 cm    |
| Tipo de unidad del paquete 2       | BB1       |
| Número de unidades en el paquete 2 | 3         |
| Peso del paquete 2                 | 1,548 kg  |
| Paquete 2 Altura                   | 8 cm      |
| Ancho del paquete 2                | 9,8 cm    |
| Longitud del paquete 2             | 22,5 cm   |
| Tipo de unidad del paquete 3       | S03       |
| Número de unidades en el paquete 3 | 33        |
| Paquete 3 Peso                     | 17,541 kg |
| Paquete 3 Altura                   | 30 cm     |
| Ancho del paquete 3                | 30 cm     |
| Paquete 3 Longitud                 | 40 cm     |

## Sostenibilidad de la oferta

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Estado de oferta sostenible          | Producto Green Premium  |
| Reglamento REACH                     | <a href="#">Declaración de REACH</a>  |
| Conforme con REACH sin SVHC          | Sí  |
| Directiva RoHS UE                    | Conforme<br><a href="#">Declaración RoHS UE</a>   |
| Sin mercurio                         | Sí  |
| Información sobre exenciones de RoHS | Sí  |
| Normativa de RoHS China              | <a href="#">Declaración RoHS China</a><br>Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias  |
| Comunicación ambiental               | <a href="#">Perfil ambiental del producto</a>   |
| RAEE                                 | En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura. |
| Presencia de halógenos               | Producto libre de halógenos   |

## Información Logística

|                |    |
|----------------|----|
| País de Origen | ES |
|----------------|----|

## Garantía contractual

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| Periodo de garantía | 18 months |
|---------------------|-----------|

# Hoja de características del producto

Especificaciones



## iID 4P 63A 300mA-S A-SI

A9R35463

### Principal

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| Gama   | Acti 9                         |
| Nombre del producto                            | Acti 9 iID40                   |
| Tipo de producto o componente                  | Interruptor diferencial (RCCB) |
| Nombre corto del dispositivo                   | iID                            |
| Número de polos                                | 4P                             |
| Posición de neutro                             | Izquierda                      |
| [In] Corriente nominal                         | 63 A                           |
| Tipo de red                                    | AC                             |
| Sensibilidad de fuga a tierra                  | 300 mA                         |
| Retardo de la protección contra fugas a tierra | Selectivo                      |
| Clase de protección contra fugas a tierra      | Tipo A-SI                      |

### Complementario

|  |   |
|--|---|
| Ubicación del dispositivo en el sistema  | Salida  |
| Frecuencia de red                        | 50/60 Hz  |
| [Ue] Tensión nominal de empleo           | 380...415 V AC 50/60 Hz                         |
| Tecnología de disparo corriente residual | Independiente de la tensión                     |
| Poder de conexión y de corte             | I <sub>dm</sub> 1500 A<br>I <sub>m</sub> 1500 A |
| Corriente condicional de cortocircuito   | 10 kA   |
| [Ui] Tensión nominal de aislamiento      | 500 V AC 50/60 Hz                               |
| [Uimp] Resistencia a picos de tensión    | 6 kV  |
| Indicador de posición del contacto       | Sí  |
| Tipo de control                          | Maneta  |
| Tipo de montaje                          | Ajustable en clip                               |

|  |   |
|--|---|
| <b>SopORTE de montaje</b>                            | Carril DIN  |
| <b>Pasos de 9 mm</b>                                 | 8   |
| <b>Altura</b>  | 91 mm   |
| <b>Anchura</b>                                       | 72 mm   |
| <b>Profundidad</b>                                   | 73,5 mm   |
| <b>Peso del producto</b>                             | 0,37 kg   |
| <b>Color</b>   | Blanco  |
| <b>Durabilidad mecánica</b>                          | 20000 ciclos  |
| <b>Durabilidad eléctrica</b>                         | AC-1, estado 1 15000 ciclos   |
| <b>Descripción de las opciones de bloqueo</b>        | Dispositivo de cierre con candado   |
| <b>Conexiones - terminales</b>                       | Terminal simple arriba o abajo 1...35 mm <sup>2</sup> rígido<br>Terminal simple arriba o abajo 1...25 mm <sup>2</sup> flexible<br>Terminal simple arriba o abajo 1...25 mm <sup>2</sup> flexible con terminal |
| <b>Longitud de cable pelado para conectar bornas</b> | 14 mm para arriba o abajo conexión  |
| <b>Par de apriete</b>                                | 3,5 N.m arriba o abajo  |

## Entorno

|   |   |
|---|---|
| <b>Normas</b>                                 | EN/IEC 61008-1  |
| <b>Certificaciones de producto</b>            | Generador   |
| <b>Grado de protección IP</b>                 | IP20 acorde a Activar / desactivar Ig<br>IP40 - tipo de cable: envolvente modular) acorde a Activar / desactivar Ig |
| <b>Grado de contaminación</b>                 | 3   |
| <b>Compatibilidad electromagnética</b>        | Resistencia a impulsos 8/20 μs, 3000 A acorde a EN/IEC 61008-1  |
| <b>Temperatura ambiente de funcionamiento</b> | -25...60 °C   |
| <b>Temperatura ambiente de almacenamiento</b> | -40...85 °C   |

## Unidades de embalaje

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tipo de unidad del paquete 1</b>       | PCE       |
| <b>Número de unidades en empaque</b>      | 1         |
| <b>Peso del empaque (Lbs)</b>             | 366 g     |
| <b>Paquete 1 Altura</b>                   | 7,6 cm    |
| <b>Paquete 1 ancho</b>                    | 8,4 cm    |
| <b>Paquete 1 Longitud</b>                 | 10,2 cm   |
| <b>Tipo de unidad del paquete 2</b>       | S03       |
| <b>Número de unidades en el paquete 2</b> | 27        |
| <b>Peso del paquete 2</b>                 | 10,747 kg |
| <b>Paquete 2 Altura</b>                   | 30 cm     |
| <b>Ancho del paquete 2</b>                | 30 cm     |
| <b>Longitud del paquete 2</b>             | 40 cm     |

## Sostenibilidad de la oferta

|                                    |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| <b>Estado de oferta sostenible</b> | Producto Green Premium |
|------------------------------------|------------------------|

|   |   |
|---|---|
| <b>Reglamento REACH</b>                     | <a href="#">Declaración de REACH</a>  |
| <b>Directiva RoHS UE</b>                    | Conforme<br><a href="#">Declaración RoHS UE</a>   |
| <b>Sin mercurio</b>                         | Sí  |
| <b>Información sobre exenciones de RoHS</b> | Sí  |
| <b>Normativa de RoHS China</b>              | <a href="#">Declaración RoHS China</a><br>Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias  |
| <b>Comunicación ambiental</b>               | <a href="#">Perfil ambiental del producto</a>   |
| <b>RAEE</b>                                 | En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura. |
| <b>Presencia de halógenos</b>               | Producto con contenido plástico sin halógenos   |

## Información Logística

|                       |    |
|-----------------------|----|
| <b>País de Origen</b> | ES |
|-----------------------|----|

## Garantía contractual

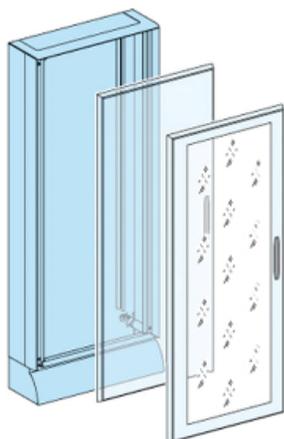
|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>Periodo de garantía</b> | 18 months |
|----------------------------|-----------|

# Hoja de características del producto

## Características

# 08204

## Armario G IP30, 33 módulos, alto 1.830 mm



### Principal

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Gama                                 | Prisma   |
| Gama de producto                     | Prisma G                                       |
| Tipo de producto o componente        | Cofret   |
| Aplicación del dispositivo           | Distribución eléctrica de baja tensión         |
| Tipo de envoltente                   | Envoltente funcional entregado en forma de kit |
| Descripción del armario/celda        | Armario de fijación al suelo - anchura 600 mm  |
| Montaje de armario                   | Superficie                                     |
| Información adicional                | Se puede combinar uno al lado del otro         |
| Type of front plate                  | Sin solicitar por separado                     |
| Número de módulos verticales (50 mm) | 33   |
| Número de módulos de 18 mm por fila  | 24   |
| Normas                               | IEC 62208<br>IEC 61439-1<br>IEC 61439-2        |

### Complementario

|   |  |
|---|--|
| [Ui] Tensión nominal de aislamiento           | 1000 V en barras de distribución principales traseras acorde a IEC 61439-2 |
| Frecuencia de red                             | 50/60 Hz   |
| [In] Corriente nominal                        | 630 A en 40 °C acorde a IEC 61439-2  |
| [Icw] Corriente temporal admisible            | 25 kA 1 s acorde a IEC 61439-2   |
| Corriente nominal de resistencia máxima [Ipk] | 53 kA acorde a IEC 61439-2   |
| Clase de aislamiento eléctrico                | Clase I  |
| Tratamiento de protección                     | Tratamiento de electroforesis y polvo epoxídico de poliéster polimerizado  |
| Acabado de la superficie                      | Mate<br>Liso   |
| Color   | Blanco (RAL 9001)  |
| Anchura                                       | 600 mm   |

|                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| Altura             | Con zócalo, estado 1 1830 mm |
| Profundidad        | 205 mm                       |
| Peso del producto  | 27,32 kg                     |
| Cantidad por juego | Set de 1                     |

## Entorno

|                        |  |
|------------------------|--|
| Grado de protección IP | IP43 con puerta, cúpula y junta IP43<br>IP30 sin puerta<br>IP40 con puerta<br>IP41 con puerta y cúpula |
| Grado de protección IK | IK07 sin puerta acorde a EN/IEC 62263<br>IK08 con puerta   |
| Resistencia mecánica   | Pruebas sísmicas - 2.5G acorde a IEC 60068-2-58  |

## Packing Units

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Peso del empaque (Lbs) | 27,320 kg |
| Paquete 1 Altura       | 0,900 dm  |
| Paquete 1 ancho        | 6,400 dm  |
| Paquete 1 Longitud     | 18,750 dm |

## Offer Sustainability

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Estado de oferta sostenible          | Producto Green Premium  |
| Reglamento REACH                     | <a href="#">Declaración de REACH</a>  |
| Conforme con REACH sin SVHC          | Sí  |
| Directiva RoHS UE                    | Cumplimiento proactivo (producto fuera del alcance de la normativa RoHS UE)<br><a href="#">Declaración RoHS UE</a>    |
| Sin metales pesados tóxicos          | Sí  |
| Sin mercurio                         | Sí  |
| Información sobre exenciones de RoHS | <a href="#">Sí</a>  |
| Normativa de RoHS China              | <a href="#">Declaración RoHS China</a><br>Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China) |
| Comunicación ambiental               | <a href="#">Perfil ambiental del producto</a>   |
| Presencia de halógenos               | Producto libre de halógenos   |

## Información Logística

|                |    |
|----------------|----|
| País de Origen | ES |
|----------------|----|

### 2.3. INFORMES

# Rendimiento de un sistema FV con seguimiento solar

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar

## Datos proporcionados:

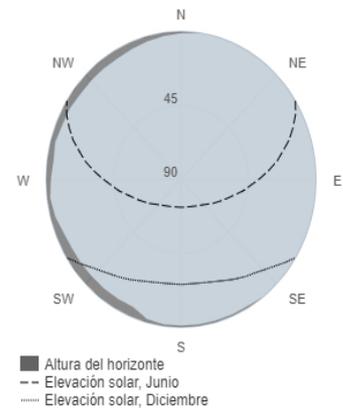
Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Tecnología FV: Silicio cristalino  
 FV instalado: 220 kWp  
 Pérdidas sistema: 13 %

## Resultados de la simulación

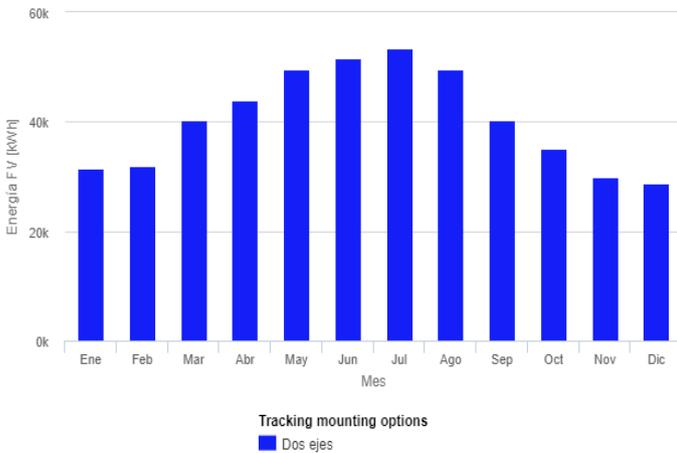
2A\*  
 Ángulo de inclinación [°]: -  
 Producción anual FV [kWh]: 486253.61  
 Irradiación anual [kWh/m<sup>2</sup>]: 2761.08  
 Variación interanual [kWh]: 11744.4  
 Cambios en la producción debido a:  
 Ángulo de incidencia [%]: -1.28  
 Efectos espectrales [%]: 0.55  
 Temp. y baja irradiancia [%]: -7.31  
 Pérdidas totales [%]: -19.95

\* 2A: Dos ejes

## Perfil del horizonte:



## Producción eléctrica mensual de un sistema FV con seguimiento solar:



## Dos ejes

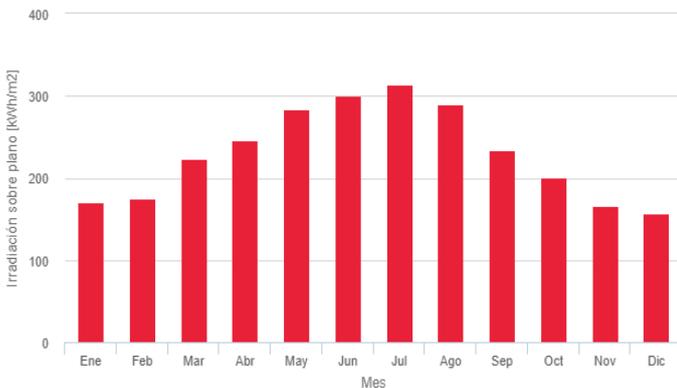
| Mes        | E_m     | H(i)_m | SD_m   |
|------------|---------|--------|--------|
| Enero      | 31438.4 | 170.4  | 4218.2 |
| Febrero    | 32006.9 | 174.9  | 4795.5 |
| Marzo      | 40375.2 | 233.7  | 4361.8 |
| Abril      | 43958.2 | 246.6  | 3591.2 |
| Mayo       | 49661.0 | 283.8  | 4059.7 |
| Junio      | 51634.7 | 300.9  | 1671.8 |
| Julio      | 53368.3 | 314.1  | 3003.9 |
| Agosto     | 49577.2 | 290.0  | 3157.2 |
| Septiembre | 40288.2 | 233.6  | 3509.9 |
| Octubre    | 35150.2 | 200.3  | 4311.9 |
| Noviembre  | 29927.9 | 165.6  | 4420.3 |
| Diciembre  | 28865.5 | 157.1  | 2600.6 |

E\_m: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].

H\_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m<sup>2</sup>].

SD\_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

## Irradiación mensual sobre plano de un sistema FV con seguimiento solar:



## Opciones de sistemas de seguimiento

La Comisión Europea mantiene esta web para el acceso público a la información sobre sus iniciativas y las políticas de la Unión Europea en general.

Nuestro propósito es mantener la información precisa y al día.

Trataremos de corregir los errores que se nos señalen.

No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web.

Dicha información:

i) es de carácter general y no aborda circunstancias específicas de personas u organismos concretos,

ii) no es necesariamente exhaustiva, completa, exacta o actualizada,

iii) contiene en algunas ocasiones enlaces a páginas externas sobre las que los servicios de la Comisión no tienen control

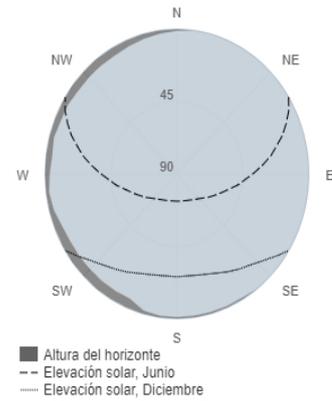
# Datos diarios de irradiancia

## PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

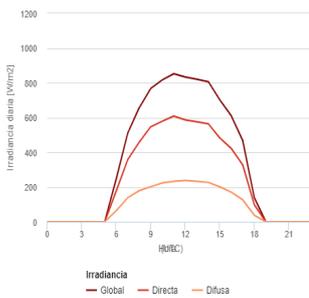
### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Mes: Abril

### Perfil del horizonte:



### Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar



### Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

| Hora         | 00:45 | 01:45 | 02:45 | 03:45 | 04:45 | 05:45 | 06:45 | 07:45 | 08:45 | 09:45 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:45 | 17:45 | 18:45 | 19:45 | 20:45 | 21:45 | 22:45 | 23:45 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>G(n)</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 246   | 510   | 656   | 766   | 816   | 852   | 833   | 820   | 806   | 702   | 609   | 466   | 139   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gb(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 177   | 357   | 458   | 546   | 578   | 608   | 586   | 575   | 564   | 482   | 422   | 327   | 98    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gd(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 63    | 138   | 179   | 202   | 223   | 232   | 237   | 233   | 226   | 201   | 170   | 126   | 37    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

G(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].  
 Gb(n): Irradiancia directa normal [W/m<sup>2</sup>].  
 Gd(n): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].

- i) es de carácter general y no aborda circunstancias específicas de personas u organismos concretos,
- ii) no es necesariamente exhaustiva, completa, exacta o actualizada,
- iii) contiene en algunas ocasiones enlaces a páginas externas sobre las que los servicios de la Comisión no tienen control alguno ni responsabilidad.

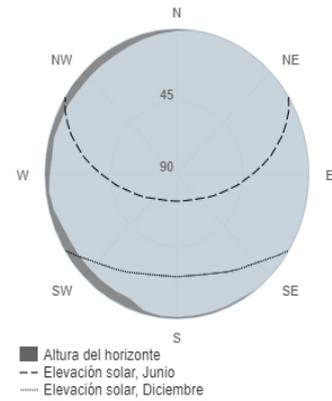
# Datos diarios de irradiancia

## PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

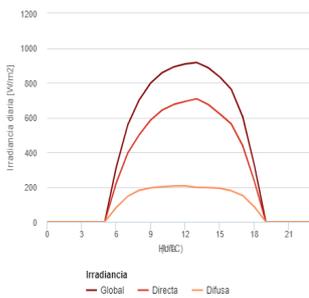
### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Mes: Agosto

### Perfil del horizonte:



## Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar



### Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

| Hora         | 00:45 | 01:45 | 02:45 | 03:45 | 04:45 | 05:45 | 06:45 | 07:45 | 08:45 | 09:45 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:45 | 17:45 | 18:45 | 19:45 | 20:45 | 21:45 | 22:45 | 23:45 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>G(n)</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 313   | 557   | 701   | 799   | 858   | 891   | 908   | 916   | 887   | 833   | 762   | 603   | 327   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gb(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 223   | 395   | 501   | 586   | 643   | 675   | 692   | 708   | 675   | 621   | 563   | 436   | 234   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gd(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 83    | 146   | 181   | 196   | 202   | 206   | 207   | 198   | 197   | 193   | 179   | 151   | 86    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

G(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].  
 Gb(n): Irradiancia directa normal [W/m<sup>2</sup>].  
 Gd(n): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].

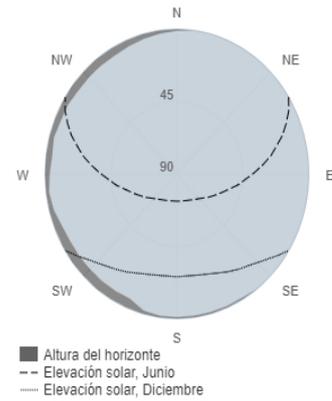
# Datos diarios de irradiancia

## PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

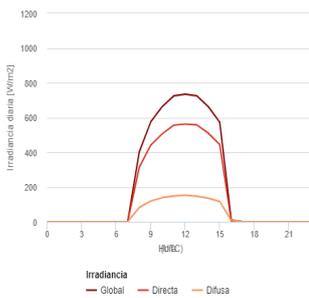
### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Mes: Diciembre

### Perfil del horizonte:



## Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar



### Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

| Hora         | 00:45 | 01:45 | 02:45 | 03:45 | 04:45 | 05:45 | 06:45 | 07:45 | 08:45 | 09:45 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:45 | 17:45 | 18:45 | 19:45 | 20:45 | 21:45 | 22:45 | 23:45 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>G(n)</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 401   | 575   | 663   | 724   | 735   | 725   | 663   | 573   | 10    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gb(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 312   | 441   | 506   | 556   | 562   | 558   | 510   | 444   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gd(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 81    | 120   | 138   | 148   | 152   | 147   | 135   | 116   | 8     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

G(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].  
 Gb(n): Irradiancia directa normal [W/m<sup>2</sup>].  
 Gd(n): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].

- i) es de carácter general y no aborda circunstancias específicas de personas u organismos concretos,
- ii) no es necesariamente exhaustiva, completa, exacta o actualizada,
- iii) contiene en algunas ocasiones enlaces a páginas externas sobre las que los servicios de la Comisión no tienen control alguno ni capacidad de intervención. Comisión. República de España.

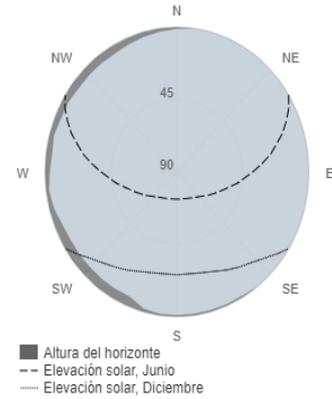
# Datos diarios de irradiancia

## PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

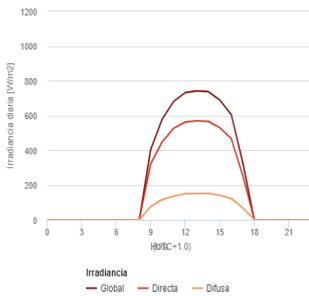
### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Mes: Enero

### Perfil del horizonte:



## Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar



### Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

| Hora         | 00:45 | 01:45 | 02:45 | 03:45 | 04:45 | 05:45 | 06:45 | 07:45 | 08:45 | 09:45 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:45 | 17:45 | 18:45 | 19:45 | 20:45 | 21:45 | 22:45 | 23:45 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>G(n)</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 405   | 580   | 681   | 732   | 741   | 737   | 689   | 604   | 329   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gb(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 322   | 449   | 526   | 562   | 570   | 566   | 530   | 467   | 254   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gd(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 76    | 116   | 136   | 149   | 151   | 151   | 141   | 123   | 68    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

G(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m2].  
 Gb(n): Irradiancia directa normal [W/m2].  
 Gd(n): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m2].

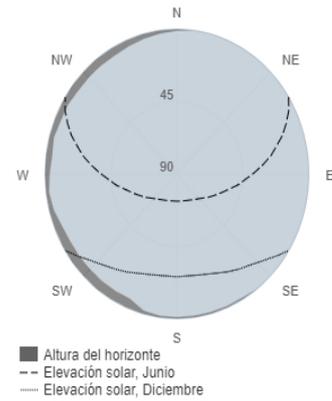
# Datos diarios de irradiancia

## PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

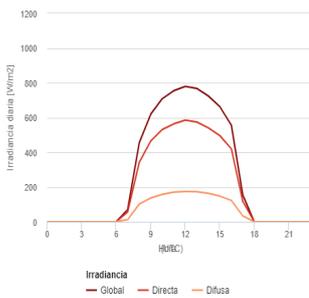
### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Mes: Febrero

### Perfil del horizonte:



### Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar



### Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

| Hora         | 00:45 | 01:45 | 02:45 | 03:45 | 04:45 | 05:45 | 06:45 | 07:45 | 08:45 | 09:45 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:45 | 17:45 | 18:45 | 19:45 | 20:45 | 21:45 | 22:45 | 23:45 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>G(n)</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 70    | 454   | 619   | 708   | 754   | 779   | 768   | 724   | 663   | 557   | 153   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gb(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 57    | 342   | 465   | 531   | 563   | 585   | 574   | 541   | 496   | 420   | 117   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gd(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 12    | 102   | 137   | 158   | 171   | 174   | 173   | 163   | 148   | 123   | 34    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

G(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].  
 Gb(n): Irradiancia directa normal [W/m<sup>2</sup>].  
 Gd(n): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].

- i) es de carácter general y no aborda circunstancias específicas de personas u organismos concretos,
- ii) no es necesariamente exhaustiva, completa, exacta o actualizada,
- iii) contiene en algunas ocasiones enlaces a páginas externas sobre las que los servicios de la Comisión no tienen control alguno ni capacidad de intervención. La Comisión declina toda responsabilidad.

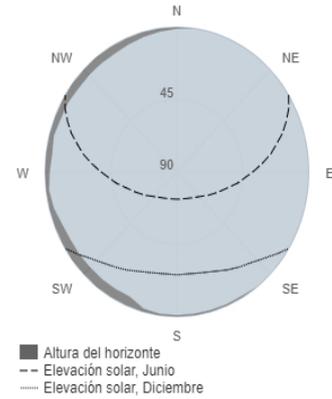
# Datos diarios de irradiancia

## PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

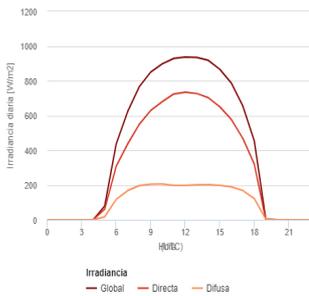
### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Mes: Julio

### Perfil del horizonte:



### Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar



### Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

| Hora         | 00:45 | 01:45 | 02:45 | 03:45 | 04:45 | 05:45 | 06:45 | 07:45 | 08:45 | 09:45 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:45 | 17:45 | 18:45 | 19:45 | 20:45 | 21:45 | 22:45 | 23:45 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>G(n)</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 80    | 436   | 623   | 765   | 850   | 897   | 928   | 937   | 934   | 917   | 866   | 787   | 655   | 453   | 4     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gb(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 61    | 307   | 437   | 549   | 629   | 680   | 724   | 734   | 726   | 703   | 651   | 578   | 468   | 320   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gd(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 17    | 117   | 168   | 196   | 205   | 206   | 198   | 198   | 201   | 203   | 198   | 189   | 168   | 122   | 3     | 0     | 0     | 0     | 0     |

G(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m2].  
 Gb(n): Irradiancia directa normal [W/m2].  
 Gd(n): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m2].

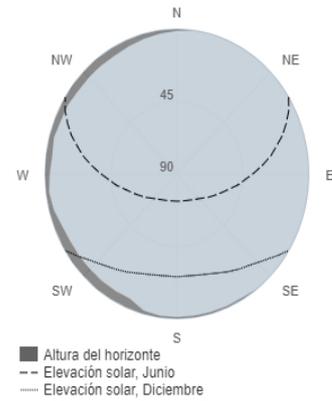
# Datos diarios de irradiancia

## PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

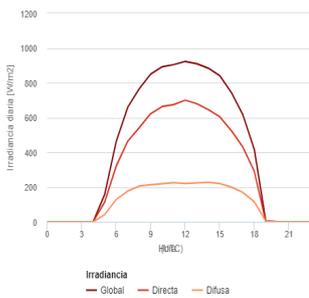
### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Mes: Junio

### Perfil del horizonte:



## Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar



### Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

| Hora         | 00:45 | 01:45 | 02:45 | 03:45 | 04:45 | 05:45 | 06:45 | 07:45 | 08:45 | 09:45 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:45 | 17:45 | 18:45 | 19:45 | 20:45 | 21:45 | 22:45 | 23:45 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>G(n)</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 158   | 461   | 659   | 765   | 850   | 892   | 904   | 923   | 910   | 884   | 841   | 744   | 616   | 416   | 5     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gb(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 113   | 321   | 463   | 541   | 622   | 663   | 674   | 699   | 679   | 646   | 604   | 525   | 430   | 291   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gd(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 41    | 128   | 176   | 205   | 213   | 219   | 225   | 220   | 224   | 227   | 220   | 200   | 169   | 115   | 4     | 0     | 0     | 0     | 0     |

G(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].  
 Gb(n): Irradiancia directa normal [W/m<sup>2</sup>].  
 Gd(n): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].

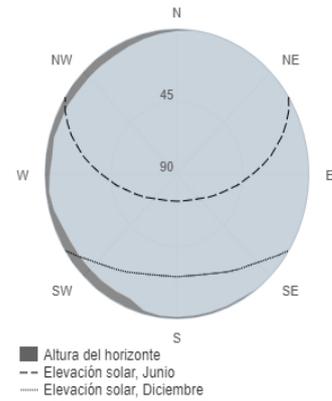
# Datos diarios de irradiancia

## PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

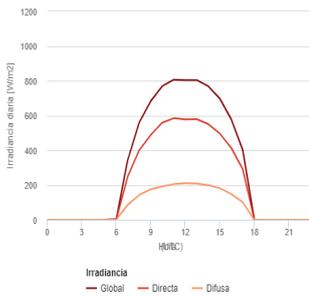
### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Mes: Marzo

### Perfil del horizonte:



### Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar



### Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

| Hora         | 00:45 | 01:45 | 02:45 | 03:45 | 04:45 | 05:45 | 06:45 | 07:45 | 08:45 | 09:45 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:45 | 17:45 | 18:45 | 19:45 | 20:45 | 21:45 | 22:45 | 23:45 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>G(n)</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 2     | 344   | 559   | 682   | 769   | 806   | 804   | 804   | 769   | 697   | 578   | 400   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gb(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 2     | 249   | 400   | 488   | 559   | 584   | 577   | 579   | 551   | 496   | 414   | 291   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gd(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 87    | 143   | 176   | 191   | 205   | 210   | 208   | 199   | 182   | 148   | 100   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

G(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].  
 Gb(n): Irradiancia directa normal [W/m<sup>2</sup>].  
 Gd(n): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].

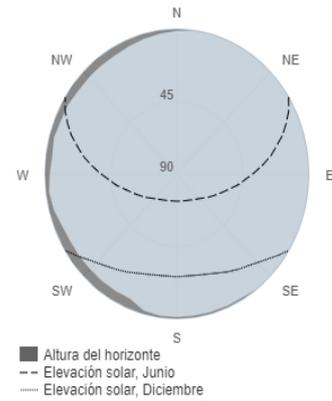
# Datos diarios de irradiancia

## PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

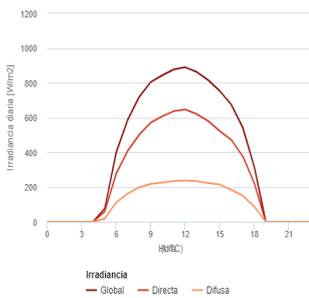
### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Mes: Mayo

### Perfil del horizonte:



### Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar



### Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

| Hora         | 00:45 | 01:45 | 02:45 | 03:45 | 04:45 | 05:45 | 06:45 | 07:45 | 08:45 | 09:45 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:45 | 17:45 | 18:45 | 19:45 | 20:45 | 21:45 | 22:45 | 23:45 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>G(n)</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 77    | 400   | 587   | 719   | 804   | 842   | 877   | 889   | 862   | 815   | 752   | 674   | 541   | 316   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gb(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 59    | 277   | 408   | 501   | 571   | 606   | 636   | 646   | 620   | 579   | 522   | 472   | 376   | 222   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gd(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 17    | 111   | 161   | 199   | 218   | 226   | 234   | 238   | 234   | 223   | 214   | 184   | 149   | 87    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

G(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].  
 Gb(n): Irradiancia directa normal [W/m<sup>2</sup>].  
 Gd(n): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].

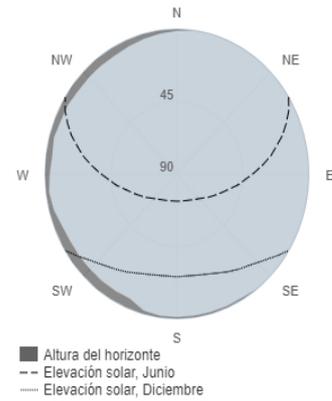
# Datos diarios de irradiancia

## PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

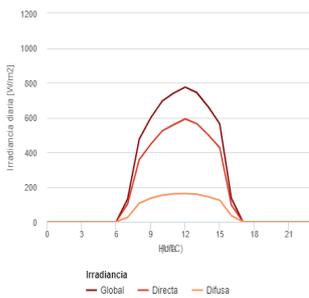
### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Mes: Noviembre

### Perfil del horizonte:



## Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar



### Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

| Hora         | 00:45 | 01:45 | 02:45 | 03:45 | 04:45 | 05:45 | 06:45 | 07:45 | 08:45 | 09:45 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:45 | 17:45 | 18:45 | 19:45 | 20:45 | 21:45 | 22:45 | 23:45 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>G(n)</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 132   | 475   | 597   | 695   | 741   | 775   | 744   | 661   | 563   | 136   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gb(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 104   | 358   | 446   | 523   | 559   | 592   | 564   | 500   | 426   | 97    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gd(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 26    | 106   | 135   | 153   | 162   | 162   | 159   | 143   | 124   | 35    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

G(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m2].  
 Gb(n): Irradiancia directa normal [W/m2].  
 Gd(n): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m2].

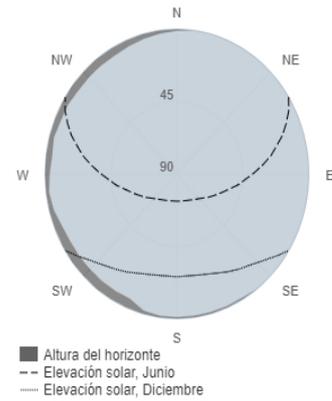
# Datos diarios de irradiancia

## PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

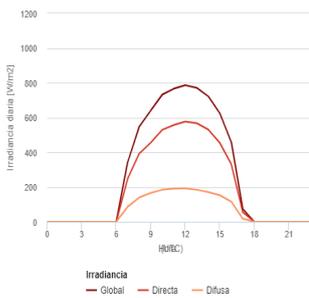
### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Mes: Octubre

### Perfil del horizonte:



### Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar



### Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

| Hora         | 00:45 | 01:45 | 02:45 | 03:45 | 04:45 | 05:45 | 06:45 | 07:45 | 08:45 | 09:45 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:45 | 17:45 | 18:45 | 19:45 | 20:45 | 21:45 | 22:45 | 23:45 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>G(n)</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 344   | 547   | 640   | 732   | 766   | 786   | 771   | 721   | 624   | 458   | 73    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gb(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 249   | 392   | 455   | 529   | 556   | 576   | 567   | 531   | 454   | 332   | 55    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gd(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 87    | 140   | 166   | 184   | 191   | 192   | 184   | 171   | 153   | 115   | 17    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

G(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].  
 Gb(n): Irradiancia directa normal [W/m<sup>2</sup>].  
 Gd(n): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].

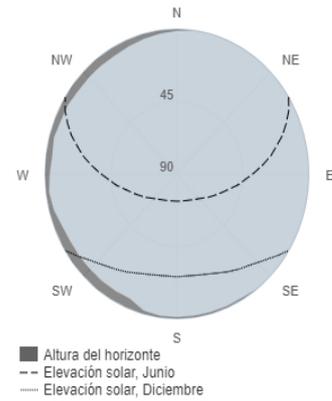
# Datos diarios de irradiancia

## PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

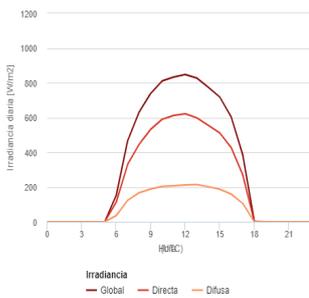
### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 39.815, -0.191  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Mes: Septiembre

### Perfil del horizonte:



## Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar



### Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

| Hora         | 00:45 | 01:45 | 02:45 | 03:45 | 04:45 | 05:45 | 06:45 | 07:45 | 08:45 | 09:45 | 10:45 | 11:45 | 12:45 | 13:45 | 14:45 | 15:45 | 16:45 | 17:45 | 18:45 | 19:45 | 20:45 | 21:45 | 22:45 | 23:45 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>G(n)</b>  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 151   | 468   | 632   | 739   | 810   | 833   | 847   | 828   | 774   | 718   | 602   | 384   | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gb(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 112   | 332   | 447   | 532   | 590   | 612   | 621   | 598   | 554   | 511   | 426   | 270   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Gd(n)</b> | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 35    | 123   | 167   | 188   | 204   | 207   | 212   | 214   | 202   | 187   | 159   | 105   | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

G(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].  
 Gb(n): Irradiancia directa normal [W/m<sup>2</sup>].  
 Gd(n): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m<sup>2</sup>].

## 3. PLIEGO DE CONDICIONES

---

## 3.1. DEFINICIONES

---

### 3.1.1. Radiación solar

#### 3.1.1.1. Radiación solar

Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

#### 3.1.1.2. Irradiancia

Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en  $\text{kW/m}^2$ .

#### 3.1.1.3. Irradiación

Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en  $\text{kWh/m}^2$ , o bien en  $\text{MJ/m}^2$ .

### 3.1.2. Instalación

#### 3.1.2.1. Instalaciones fotovoltaicas

Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.

#### 3.1.2.2. Instalaciones fotovoltaicas interconectadas

Aquellas que disponen de conexión física con las redes de transporte o distribución de energía eléctrica del sistema, ya sea directamente o a través de la red de un consumidor.

#### 3.1.2.3. Línea y punto de conexión y medida

La línea de conexión es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida.

#### 3.1.2.4. Interruptor automático de la interconexión

Dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de interconexión.

#### 3.1.2.5. Interruptor general

Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.

#### 3.1.2.6. Generador fotovoltaico

Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

#### 3.1.2.7. Rama fotovoltaica

Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

#### 3.1.2.8. Inversor

Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna. También se denomina ondulator.

#### 3.1.2.9. Potencia nominal del generador

Suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.

#### 3.1.2.10. Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal

Suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

### 3.1.3. Módulos

#### 3.1.3.1. Célula solar o fotovoltaica

Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

#### 3.1.3.2. Módulo o panel fotovoltaico

Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

### 3.1.3.3. Condiciones Estándar de Medida (CEM)

Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas universalmente para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:

- Irradiancia solar: 1000 W/m<sup>2</sup>
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Temperatura de célula: 25 °C

### 3.1.3.4. Potencia pico

Potencia máxima del panel fotovoltaico en CEM.

### 3.1.3.5. TONC

Temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup> con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20 °C y la velocidad del viento, de 1 m/s.

---

## 3.2. DISEÑO

---

### 3.2.1. Diseño del generador fotovoltaico

#### 3.2.1.1. Generalidades

- Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, o en el caso de modelos distintos, el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa.
- En aquellos casos excepcionales en que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los

que han sido sometidos. En cualquier caso, han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

### 3.2.1.2. Orientación e inclinación y sombras

- La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 3.2.1. Se considerarán tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. En todos los casos han de cumplirse tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

|                            | <i>Orientación e inclinación (OI)</i> | <i>Sombras (S)</i> | <i>Total (OI+S)</i> |
|----------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------|
| General                    | 10 %                                  | 10 %               | 15 %                |
| Superposición              | 20 %                                  | 15 %               | 30 %                |
| Integración arquitectónica | 40 %                                  | 20 %               | 50 %                |

**Tabla 3.2.1. Porcentaje mínimos de pérdidas por sombreado, orientación e inclinación.**

- Cuando, por razones justificadas, y en casos especiales en los que no se puedan instalar por motivos de sombras, se evaluará la reducción en las prestaciones energéticas de la instalación, incluyéndose en la Memoria del Proyecto.
- En todos los casos deberán evaluarse las pérdidas por orientación e inclinación del generador y sombras.

### 3.2.2. Diseño del sistema de monitorización

- El sistema de monitorización proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:
  - Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
  - Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor.
  - Radiación solar en el plano de los módulos, medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.
  - Temperatura ambiente en la sombra.
  - Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.
  - Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y, siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW.
  
- Los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se hará conforme al documento del JRC-Ispra “Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants - Document A”, Report EUR16338 EN.
  
- El sistema de monitorización será fácilmente accesible para el usuario.

---

## 3.3. COMPONENTES Y MATERIALES

---

### 3.3.1. Generalidades

- Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el

cableado de continua, que será de doble aislamiento de clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65.

- La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.
- El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.
- Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.
- Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.
- Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.
- En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.
- Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano y, además, si procede, en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

### 3.3.2. Sistemas generadores fotovoltaicos

- Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, en función de la tecnología del módulo, éste deberá satisfacer las siguientes normas:

- UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.
- UNE-EN 61646: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
- UNE-EN 62108. Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Cualificación del diseño y homologación.

Los módulos que se encuentren integrados en la edificación, aparte de que deben cumplir la normativa indicada anteriormente, además deberán cumplir con lo previsto en la Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en las mismas por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente.

Será necesario justificar la imposibilidad de ser ensayados, así como la acreditación del cumplimiento de dichos requisitos, lo que deberá ser comunicado por escrito a la Dirección General de Política Energética y Minas, quien resolverá sobre la conformidad o no de la justificación y acreditación presentadas.

- El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.
- Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación:
  - Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.
  - Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.
  - Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 3\%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo.
  - Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.
- Será deseable una alta eficiencia de las células.
- La estructura del generador se conectará a tierra.
- Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la

desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

- Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

### 3.3.3. Estructura soporte

- Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.
- La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de aplicación.
- El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.
- Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.
- La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

- La tornillería será con tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.
- Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.
- La estructura soporte será calculada según la normativa vigente para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.
- La estructura galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.
- Los seguidores solares, incorporarán el marcado CE y cumplirán lo previsto en la Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, y su normativa de desarrollo, así como la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas.

#### 3.3.4. Inversores

- Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.
- Las características básicas de los inversores serán las siguientes:
  - Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
  - Autoconmutados.
  - Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.

- No funcionarán en isla o modo aislado.

La caracterización de los inversores deberá hacerse según las normas siguientes:

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
  - UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
  - IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.
- 
- Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:
    - Cortocircuitos en alterna.
    - Tensión de red fuera de rango.
    - Frecuencia de red fuera de rango.
    - Sobretensiones, mediante varistores o similares.
    - Perturbaciones presentes en la red como micro cortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Adicionalmente, han de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

- Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.
- Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:
  - Encendido y apagado general del inversor.

- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.
- Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:
  - El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superiores a las CEM. Además, soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
  - El rendimiento de potencia del inversor (cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada), para una potencia de salida en corriente alterna igual al 50 % y al 100% de la potencia nominal, será como mínimo del 92% y del 94% respectivamente. El cálculo del rendimiento se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
  - El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en “stand-by” o modo nocturno deberá ser inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.
  - El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.
  - A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.
- Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.
- Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.
- Los inversores para instalaciones fotovoltaicas estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 3 años.

### 3.3.5. Cableado

- Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.
- Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.
- El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

### 3.3.6. Protecciones

- Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

### 3.3.7. Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas

- Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se explicarán en la Memoria de Diseño o Proyecto los elementos utilizados para garantizar esta condición.
- Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

### 3.3.8. Armónicos y compatibilidad electromagnética

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

### 3.3.9. Medidas de seguridad

- Las centrales fotovoltaicas, independientemente de la tensión a la que estén conectadas a la red, estarán equipadas con un sistema de protecciones que garantice su desconexión en caso de un fallo en la red o fallos internos en la instalación de la propia central, de manera que no perturben el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas, tanto en la explotación normal como durante el incidente.

- La central fotovoltaica debe evitar el funcionamiento no intencionado en isla con parte de la red de distribución, en el caso de desconexión de la red general. La protección anti-isla deberá detectar la desconexión de red en un tiempo acorde con los criterios de protección de la red de distribución a la que se conecta, o en el tiempo máximo fijado por la normativa o especificaciones técnicas correspondientes. El sistema utilizado debe funcionar correctamente en paralelo con otras centrales eléctricas con la misma o distinta tecnología, y alimentando las cargas habituales en la red, tales como motores.
- Las centrales fotovoltaicas deberán estar dotadas de los medios necesarios para admitir un reenganche de la red de distribución sin que se produzcan daños. Asimismo, no producirán sobretensiones que puedan causar daños en otros equipos, incluso en el transitorio de paso a isla, con cargas bajas o sin carga. Igualmente, los equipos instalados deberán cumplir los límites de emisión de perturbaciones indicados en las normas nacionales e internacionales de compatibilidad electromagnética.

---

### 3.4. CÁLCULO DE LA PRODUCCION ANUAL ESPERADA

---

En la Memoria se incluyen las producciones mensuales máximas teóricas en función de la irradiancia, la potencia instalada y el rendimiento de la instalación.

Los datos de entrada aportados son los siguientes:

- $G_{dm}(0)$ : Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre superficie horizontal, en kWh/(m<sup>2</sup>\*día).
- $G_{dm}(\alpha, \beta)$ : Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en kWh/(m<sup>2</sup>\*día).

También se incluyen datos del rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”, PR. Esta marca la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, que tiene en cuenta:

- La dependencia de la eficiencia con la temperatura.
- La eficiencia del cableado.
- Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- La eficiencia energética del inversor.
- Otros.

La estimación de la energía inyectada se realizará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) P_{mp} PR}{G_{CEM}} \text{ kWh/día}$$

Donde:

$P_{mp}$  = Potencia pico del generador.

$G_{CEM} = 1 \text{ kW/m}^2$

---

## 3.5. REQUERIMIENTOS TECNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO

---

### 3.5.1. Generalidades

- Se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo de al menos tres años.
- El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá todos los elementos de la misma, con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes.

### 3.5.2. Programa de mantenimiento

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a red.

Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

- Mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.
- Mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una visita semestral para el resto en la que se realizarán las siguientes actividades:

- Comprobación de las protecciones eléctricas.
- Comprobación del estado de los módulos: comprobación de la situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.
- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.
- 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.

Se debe realizar un informe técnico de cada una de las visitas, en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.

También existirá un registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

### 3.5.3. Garantías

#### 3.5.3.1. Ámbito general de la garantía

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

#### 3.5.3.2. Plazos

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía será de 25 años.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

### 3.5.3.3. Condiciones económicas

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

### 3.5.3.4. Anulación de la garantía

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

### 3.5.3.5. Lugar y tiempo de la prestación

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá cualquier incidencia en el plazo máximo de una semana y la resolución de la avería se realizará en un tiempo máximo de 10 días, salvo causas de fuerza mayor debidamente justificadas.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 10 días naturales.

## 4. PRESUPUESTO

| Elemento | Descripción   | Unidades/<br>Metros/<br>Tiempo | Precio unidad | TOTAL, Euros |
|----------|---|--------------------------------|---------------|--------------|
| 1        | <b>INSTALACION FOTOVOLTAICA</b>   |                                |               |              |
| 1.1.     | <b>GENERACION</b>   |                                |               |              |
| 1.1.1    | <b>Paneles Fotovoltaicos.</b><br>Cheetah HC 72M-V Jinko Solar (400 Wp)  | 550                            | 125,00 €      | 68.750,00 €  |
| 1.1.2    | <b>Inversores</b><br>SUN2000-40KTL-M3 Huawei (40 kW)  | 5                              | 2.560,00 €    | 12.800,00 €  |
| 1.2      | <b>PROTECCIONES</b>   |                                |               |              |
| 1.2.1    | <b>Fusibles</b><br>Fusible D01 CRADY 0112803 16 Amperios Clase gG   | 40                             | 0,69 €        | 27,60 €      |
| 1.2.3    | <b>Portafusibles</b><br>Portafusibles 10x38 1000V Autosolar   | 40                             | 3,16 €        | 126,40 €     |
| 1.2.4    | <b>Interruptor Automático curva C</b><br>Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 4P, 63 A, C curva,<br>6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2) Schneider Electric  | 2                              | 59,63 €       | 119,26 €     |
| 1.2.5    | <b>Interruptor Automático curva B</b><br>Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 4P, 63 A, B curva,<br>6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2) Schneider Electric  | 3                              | 193,58 €      | 580,74 €     |
| 1.2.6    | <b>Interruptor diferencial</b><br>IID 4P 63A 300mA-S A-SI Schneider Electric  | 5                              | 67,80 €       | 339,00 €     |
| 1.2.7    | <b>Armario Protecciones</b><br>Armario G IP30, 33 módulos, alto 1.830 mm Schneider Electric   | 1                              | 380,34 €      | 380,34 €     |
| 1.3      | <b>CABLEADO</b>   |                                |               |              |
| 1.3.1    | Cable solar TOPSOLAR PV ZZ-F 4mm (Negro)  | 110                            | 1,30 €        | 143,00 €     |
|          | Cable solar TOPSOLAR PV ZZ-F 4mm (Rojo)   | 110                            | 1,30 €        | 143,00 €     |
| 1.3.2    | MANGUERA CABLE FLEXIBLE 4X35 COLOR NEGRO RV-K 1000V   | 80                             | 20,16 €       | 1.612,80 €   |
| 1.3.3    | MANGUERA CABLE FLEXIBLE 4X50 COLOR NEGRO RV-K 1000V   | 85                             | 32,31 €       | 2.746,35 €   |
| 1.3.4    | MANGUERA CABLE FLEXIBLE 4X70 COLOR NEGRO RV-K 1000V   | 125                            | 61,64 €       | 7.705,00 €   |
| 1.4      | <b>PUESTA A TIERRA</b>  |                                |               |              |
| 1.4.1    | CABLE DESNUDO COBRE 35 MM RÍGIDO  | 350                            | 4,79 €        | 1.676,50 €   |
| 1.4.2    | Pica Toma de Tierra 2 metros  | 25                             | 8,62 €        | 215,50 €     |
| 1.5      | <b>EQUIPO Y MAQUINARIA</b>  |                                |               |              |
| 1.5.1    | Excavación zanjas para el tendido eléctrico<br>Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW  | 1 día                          | 150,00 €      | 150,00 €     |
| 1.5.2    | Transporte y ubicación del Centro de Transformación<br>Autocargante 10000 kg  | 1 día                          | 535,19 €      | 535,19 €     |
| 1.5.3    | Mano de obra equipo eléctrico   |                                |               |              |
|          | Oficial Primera   | 4/ 40 horas                    | 45,00 €       | 7.200,00 €   |
|          | Oficial Ayudante  | 4/ 40 horas                    | 30,00 €       | 4.800,00 €   |
|          | Gasto ingeniería (7%)   | 1                              | /             | 12.557,52 €  |
| 2        | <b>CENTRO DE TRANSFORMACION</b>   |                                |               |              |
| 2.1      | <b>OBRA CIVIL</b>   |                                |               |              |
| 2.1.1    | Edificio de Transformación: <b>pfu. 3/20</b>  | 1                              | 8.400,00 €    | 8.400,00 €   |
| 2.2      | <b>EQUIPO DE MT</b>   |                                |               |              |
| 2.2.1    | E/S1,E/S2,Scía: <b>cgmcosmos-2lp</b><br>Equipo compacto de corte y aislamiento íntegro en gas,<br>extensible<br>y preparado para una eventual inmersión, fabricado por<br>ORMAZABAL con las siguientes características:<br>· Un = 24 kV | 1                              | 8.400,00 €    | 8.400,00 €   |

|       |  |   |             |             |
|-------|--|---|-------------|-------------|
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>· In = 400 A</li> <li>· Icc = 16 kA / 40 kA</li> <li>· Dimensiones: 1190 mm / 735 mm / 1300 mm</li> <li>· Mecanismo de Maniobra 1: motorizado BM</li> </ul>   |   |             |             |
| 2.2.2 | <p>E/S1,E/S2,Scía: <b>cgmcosmos-2lp</b></p> <p>Equipo compacto de corte y aislamiento íntegro en gas, extensible y preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Un = 24 kV</li> <li>· In = 400 A</li> <li>· Icc = 16 kA / 40 kA</li> <li>· Dimensiones: 1190 mm / 735 mm / 1300 mm</li> <li>· Mecanismo de Maniobra 1: motorizado BM</li> <li>· Mecanismo de Maniobra 2: motorizado BM</li> <li>· Mecanismo de Maniobra (Salida Fusibles): 200 A</li> </ul> | 1 | 10.500,00 € | 10.500,00 € |
| 2.2.3 | <p>Alimentación de Servicios Auxiliares: <b>cgmcosmos-a</b></p> <p>Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Un=24 kVIn = 400 A</li> <li>· Icc=16 kA / 40 kA</li> <li>Dimensiones: 470 mm / 875 mm / 1300 mm</li> </ul>   | 1 | 9.500,00 €  | 9.500,00 €  |
| 2.2.4 | <p>Remonte Cliente: <b>cgmcosmos-rc</b></p> <p>Módulo metálico para protección del remonte de cables al embarrado general, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Un = 24 kV</li> <li>· Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm</li> </ul>  | 1 | 1.350,00 €  | 1.350,00 €  |
| 2.2.5 | <p>Protección General: <b>cgmcosmos-p</b></p> <p>Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Un = 24 kVIn = 400 A</li> <li>· Icc = 16 kA / 40 kA</li> <li>· Dimensiones: 470 mm / 735 mm / 1740 mm</li> </ul>   | 1 | 5.200,00 €  | 5.200,00 €  |
| 2.2.6 | <p>Medida: <b>cgmcosmos-m</b></p> <p>Módulo metálico, conteniendo en su interior debidamente montados y conexiónados los aparatos y materiales adecuados, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Un = 24 kV</li> <li>· Dimensiones: 800 mm / 1025 mm / 1740 mm</li> </ul> <p>Se incluyen en la celda tres (3) transformadores de tensión y tres (3) transformadores de intensidad, para la medición de la energía eléctrica consumida, con las características detalladas en la Memoria.</p> | 1 | 6.150,00 €  | 6.150,00 €  |
| 2.2.7 | <p>Seccionamiento Cliente: <b>cgmcosmos-l</b></p> <p>Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Un = 24 kV</li> <li>· In = 630 A</li> <li>· Icc = 16 kA / 40 kA</li> <li>· Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm</li> </ul>   | 1 | 3.762,50 €  | 3.762,50 €  |
| 2.2.8 | <p>Puentes MT Transformador 1: <b>Cables MT 12/20 kV</b></p> <p>Cables MT 12/20 kV del tipo HEPRZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.<br/>En el otro extremo son del tipo atornillable y modelo K430TB.</p>  | 1 | 1.175,00 €  | 1.175,00 €  |
| 2.3   | <b>EQUIPO DE POTENCIA</b>  |   |             |             |
| 2.3.1 | Transformador 1: <b>transforma aceite 24 kV</b>  | 1 | 7.068,00 €  | 7.068,00 €  |

|       |  |   |            |            |
|-------|--|---|------------|------------|
|       | Transformador trifásico reductor de tensión marca ORMAZABAL, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 250 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %.   |   |            |            |
| 2.4   | <b>EQUIPO DE BAJA TENSION</b>  |   |            |            |
| 2.4.1 | <b>Cuadros BT - B2 Transformador 1: <i>Interruptor en carga + Fusibles</i></b><br>Cuadro de BT especialmente diseñado para esta aplicación con las siguientes características:<br>Interruptor manual de corte en carga de 400 A.<br>Salidas formadas por bases portafusibles: 1 Salida<br>Tensión nominal: 440 V<br>Aislamiento: 10 kV<br>Dimensiones: Alto: 730 mm<br>Ancho: 360 mm<br>Fondo: 265 mm  | 1 | 629,00 €   | 629,00 €   |
| 2.4.2 | <b>Puentes BT - B2 Transformador 1: <i>Puentes BT - B2 Transformador 1</i></b><br>Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 2xfase + 1xneutro de 2,5 m de longitud.   | 1 | 900,00 €   | 900,00 €   |
| 2.4.3 | <b>Equipo de Medida de Energía: <i>Equipo de medida</i></b><br>Contador tarifador electrónico multifunción, registrador electrónico y regleta de verificación.   | 1 | 2.750,00 € | 2.750,00 € |
| 2.5   | <b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>  |   |            |            |
| 2.5.1 | <b>Tierras Exteriores Prot Transformación: <i>Picas alineadas</i></b><br>Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo.<br>El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro.<br>Características:<br>· Geometría: Picas alineadas<br>· Profundidad: 0,5 m<br>· Número de picas: cuatro<br>· Longitud de picas: 4 metros<br>Distancia entre picas: 3 metros | / | 1.000,00 € | 1.000,00 € |
| 2.5.2 | <b>Tierras Exteriores Serv Transformación: <i>Picas alineadas</i></b><br>Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección.<br>Características:<br>· Geometría: Picas alineadas<br>· Profundidad: 0,5 m<br>· Número de picas: cuatro<br>· Longitud de picas: 4 metros<br>· Distancia entre picas: 3 metros   | / | 1.000,00 € | 1.000,00 € |
| 2.5.3 | <b>Tierras Interiores Prot Seccionamiento: <i>Instalación interior tierras</i></b><br>Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de seccionamiento, con el conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> , grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparata de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía.  | / | - €        | - €        |
| 2.5.4 | <b>Tierras Interiores Prot Transformación: <i>Instalación interior tierras</i></b><br>Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparata de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora.  | / | - €        | - €        |
| 2.5.5 | <b>Tierras Interiores Serv Transformación: <i>Instalación interior tierras</i></b>   | / | - €        | - €        |

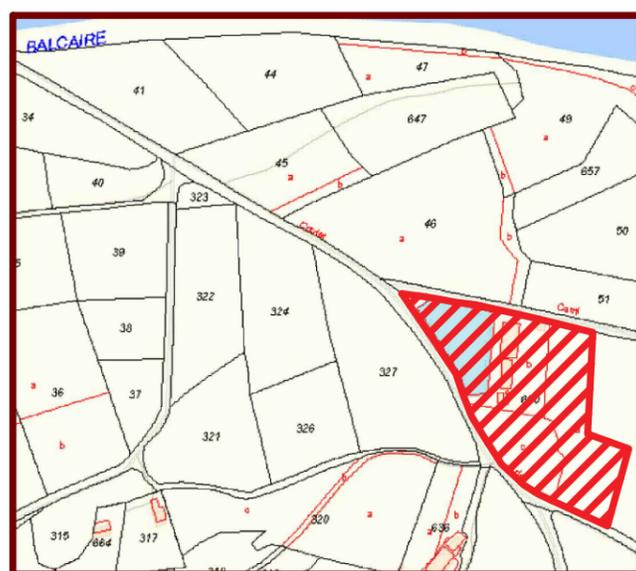
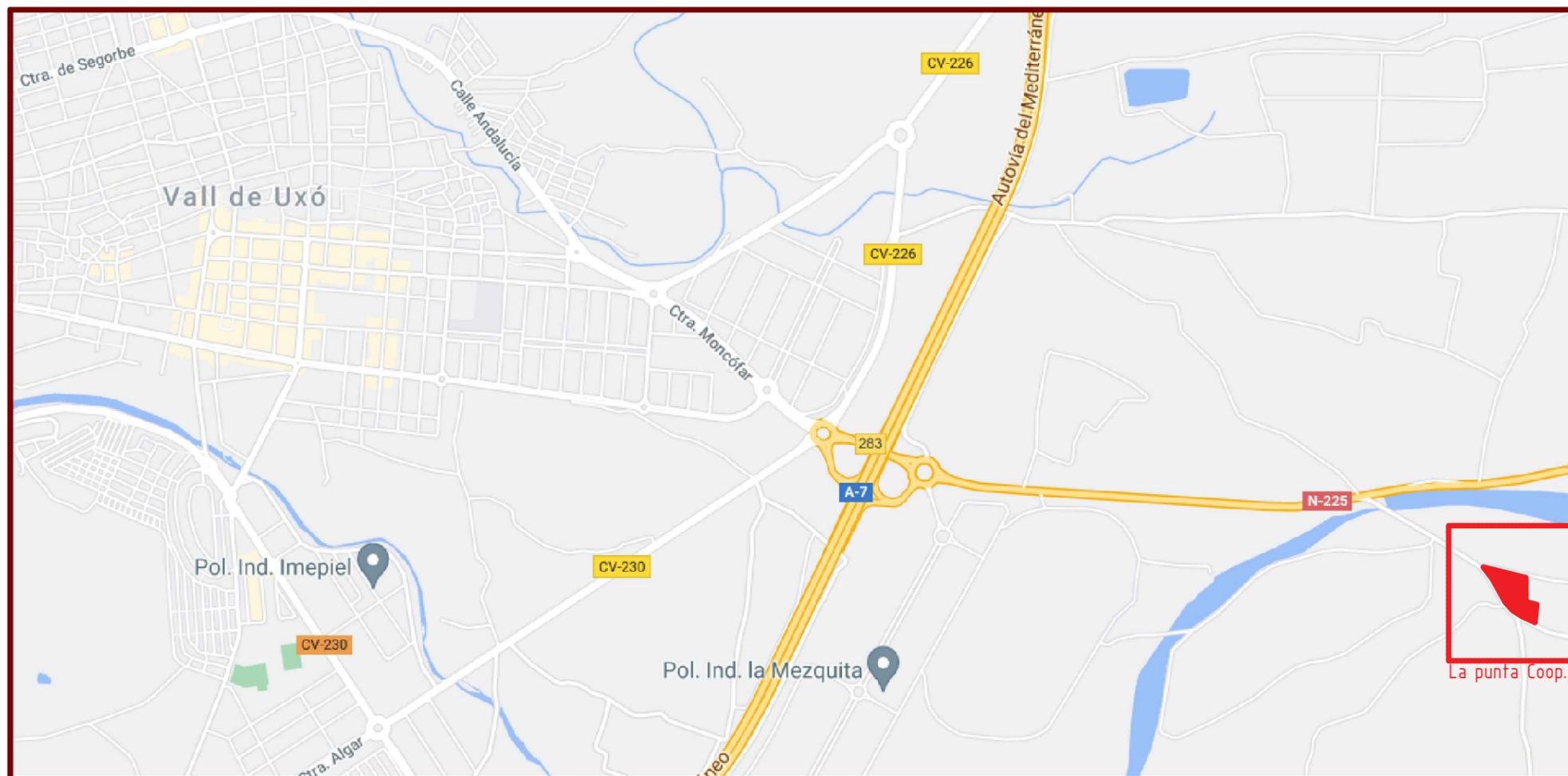
|       |  |   |          |          |
|-------|--|---|----------|----------|
|       | Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora.   |   |          |          |
| 2.6   | VARIOS   |   |          |          |
| 2.6.1 | Defensa de Transformador 1: <b>Protección física transformador</b><br>Protección metálica para defensa del transformador. La defensa incluye una cerradura enclavada con la celda de protección del transformador correspondiente.   | 1 | 283,00 € | 283,00 € |
| 2.6.2 | Iluminación Edificio de Transformación: <b>Equipo de iluminación</b>   | 1 | 600,00 € | 600,00 € |
| 2.6.3 | Maniobra de Seccionamiento: <b>Equipo de seguridad y maniobra</b><br>Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por:<br>· Banquillo aislante<br>· Par de guantes aislantes<br>· Una palanca de accionamiento                               | / | 200,00 € | 200,00 € |
| 2.6.4 | Maniobra de Transformación: <b>Equipo de seguridad y maniobra</b><br>Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por:<br>· Banquillo aislante<br>· Par de guantes aislantes<br>· Extintor de eficacia 89B<br>· Una palanca de accionamiento | / | 475,00 € | 475,00 € |

|                               |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| <b>TOTAL,<br/>PRESUPUESTO</b> | <b>191.950,70 €</b> |
| <b>TOTAL (IVA)</b>            | <b>232.260,35 €</b> |

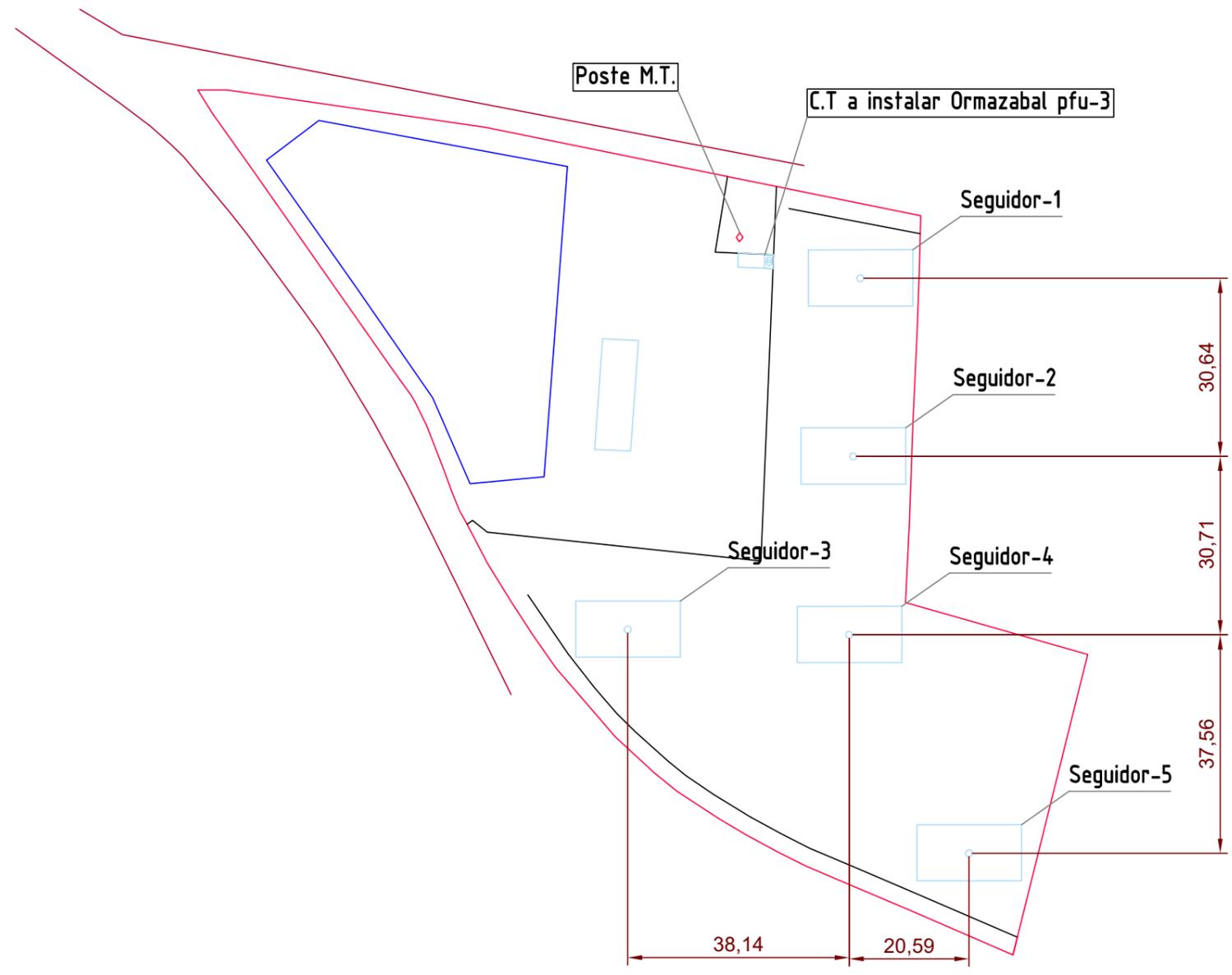
Asciende el presupuesto de la ejecución del material de la instalación a la cantidad de:

// DOS CIENTOS TREINTA Y DOS MIL DOSCIENTOS SESENTA EUROS CON TREINTA Y CINCO CENTIMOS (232.260,35 €) //

## 5. PLANOS



|   |                                    |   |  |
|---|------------------------------------|---|--|
| PROYECTO<br>ACONDICIONAMIENTO TÉCNICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO Y VERTIDO A RED DE 200 kWp |                                    | PLANO Nº<br><b>01</b>   |  |
| AUTOR DEL PROYECTO<br>ALBERTO GONZÁLEZ GUIJARRO   |                                    |   |  |
| EMPLAZAMIENTO<br>POLIGONO 5 PARCELA 650, LA PUNTA. LA VALL D'UIXÓ (CASTELLON)                                   |                                    | <br><b>UNIVERSITAT JAUME I</b> |  |
| ESCALA<br>S/E   | PLANO<br>SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO |   |  |
| FECHA<br>ABRIL 2021   |                                    |   |  |



| Leyenda |                      |
|---------|----------------------|
|         | Límite de la parcela |
|         | Vallado              |
|         | Embalse              |
|         | Caminos              |

|                    |   |
|--------------------|---|
| PROYECTO           | ACONDICIONAMIENTO TÉCNICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO Y VERTIDO A RED DE 200 kWp |
| AUTOR DEL PROYECTO | ALBERTO GONZÁLEZ GUIJARRO   |
| EMPLAZAMIENTO      | POLIGONO 5 PARCELA 650, LA PUNTA. LA VALL D'UIXÓ (CASTELLON)  |
| ESCALA             | 1/1000  |
| FECHA              | ABRIL 2021  |
| PLANO              | DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LOS ELEMENTOS DE LA PARCELA   |

PLANO Nº  
**02**



UNIVERSITAT  
JAUME I



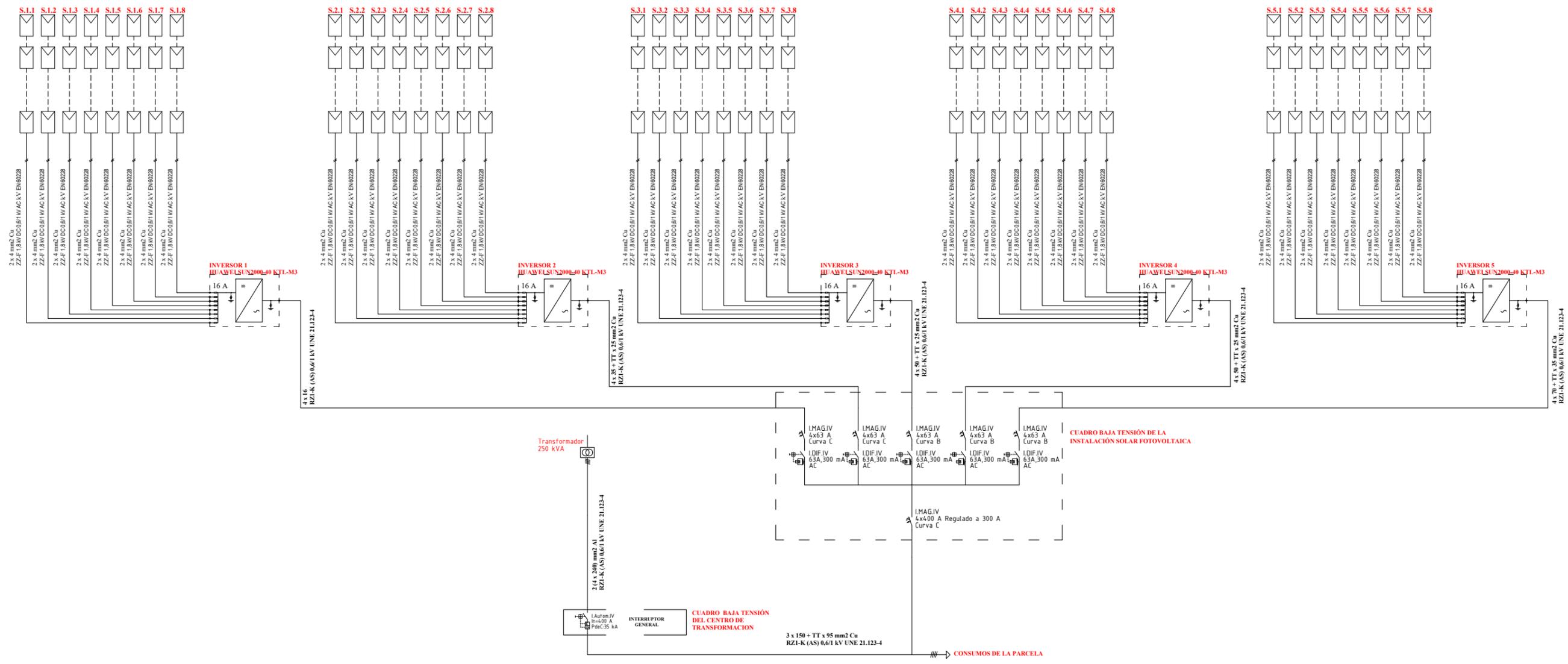
| Leyenda   |         |
|---|---------|
|    | L1 B.T. |
|   | L2 B.T. |
|  | L3 B.T. |
|  | L4 B.T. |
|  | L5 B.T. |
|  | L6 M.T. |

|  |  |   |
|--|--|---|
| PROYECTO ACONDICIONAMIENTO TÉCNICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO Y VERTIDO A RED DE 200 kWp |  | PLANO Nº<br><b>03</b>   |
| AUTOR DEL PROYECTO ALBERTO GONZÁLEZ GUIJARRO   |  |   |
| EMPLAZAMIENTO POLIGONO 5 PARCELA 650, LA PUNTA. LA VALL D'UIXÓ (CASTELLON)                                   |  | <br><b>UNIVERSITAT JAUME·I</b> |
| ESCALA<br>1/1000   | PLANO<br>DISTRIBUCIÓN DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS DE B.T. Y M.T. |   |
| FECHA<br>ABRIL 2021  |  |   |
|  |  |   |



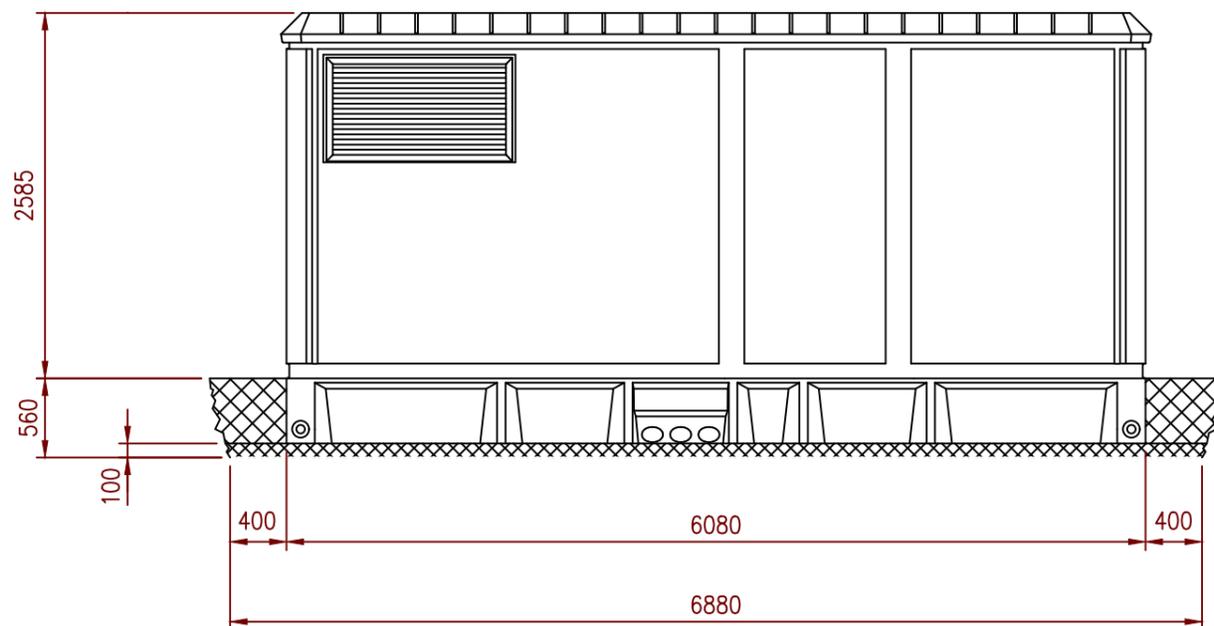
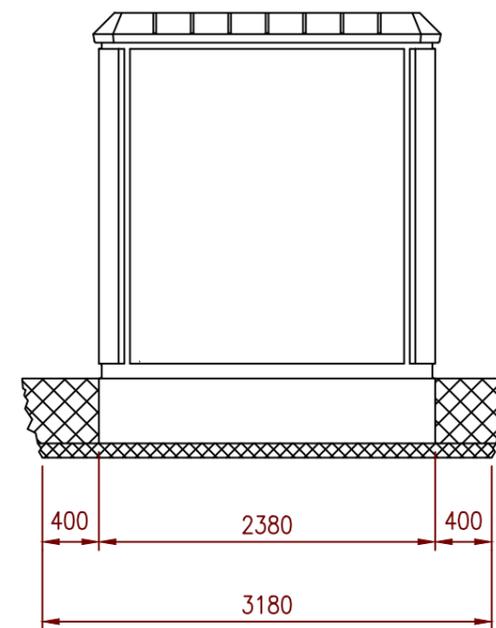
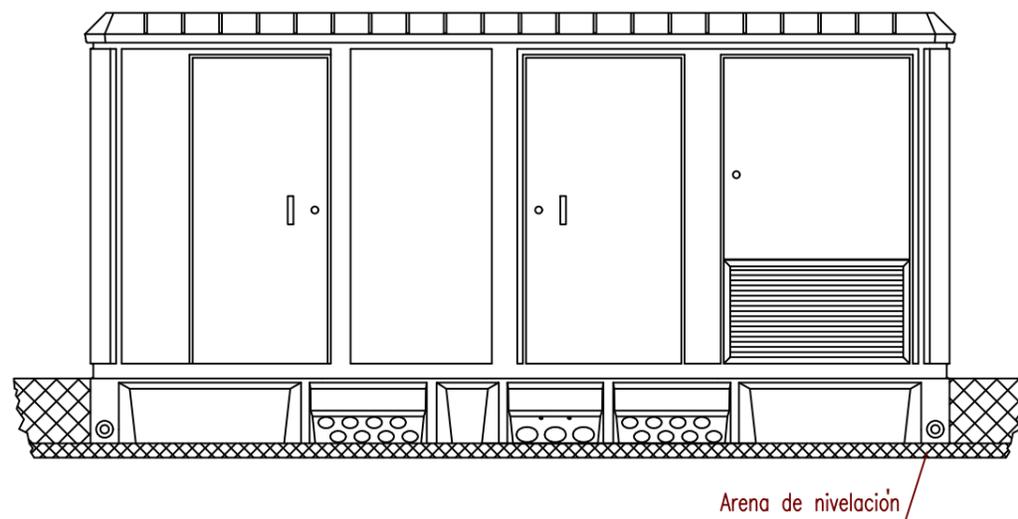
| Leyenda  |                                     |
|--|-------------------------------------|
|   | Cobre desnudo de 35 mm <sup>2</sup> |
|  | Pica de cobre de 2 m                |

|                    |   |                                  |   |
|--------------------|---|----------------------------------|---|
| PROYECTO           | ACONDICIONAMIENTO TÉCNICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO Y VERTIDO A RED DE 200 kWp | PLANO Nº                         | 04  |
| AUTOR DEL PROYECTO | ALBERTO GONZÁLEZ GUIJARRO   |                                  |   |
| EMPLAZAMIENTO      | POLIGONO 5 PARCELA 650, LA PUNTA. LA VALL D'UIXÓ (CASTELLON)  |                                  | <br><b>UNIVERSITAT JAUME I</b> |
| ESCALA             | 1/1000  | PLANO                            |   |
| FECHA              | ABRIL 2021  | DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE TIERRA |   |
|                    |   |                                  |   |

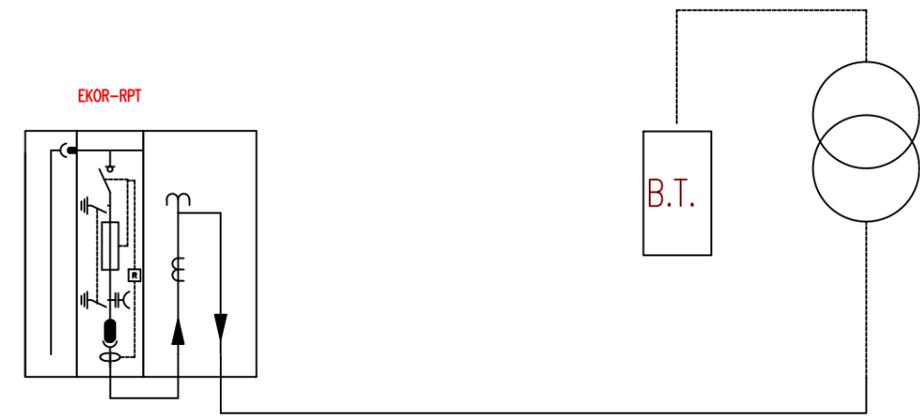
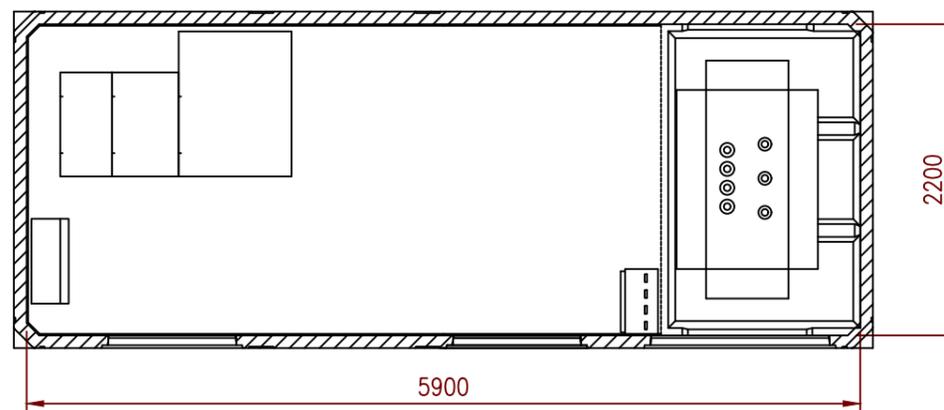
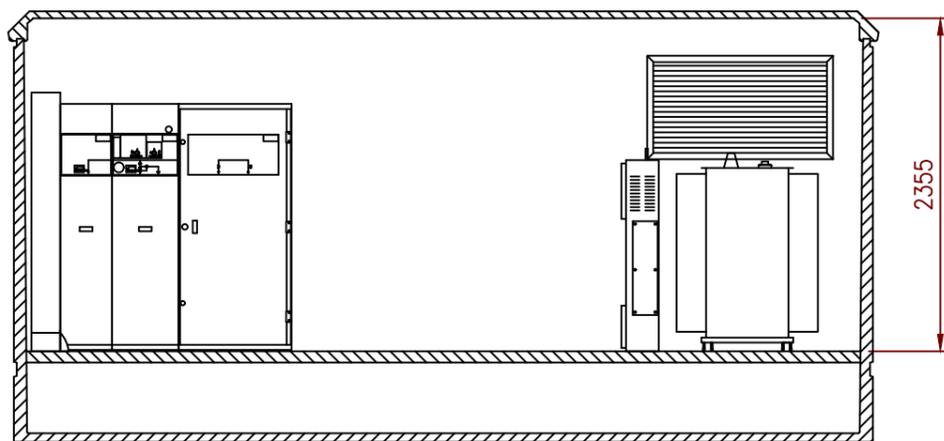


| Paneles FV por serie |            |
|----------------------|------------|
| S.X.1/S.X.2          | 13 paneles |
| S.X.3 - S.X.8        | 14 paneles |

|                    |   |          |   |                  |
|--------------------|---|----------|---|------------------|
| PROYECTO           | ACONDICIONAMIENTO TÉCNICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO Y VERTIDO A RED DE 200 kWp | PLANO Nº | 05  |                  |
| AUTOR DEL PROYECTO | ALBERTO GONZÁLEZ GUIJARRO   |          |   |                  |
| EMPLAZAMIENTO      | POLIGONO 5 PARCELA 650, LA PUNTA. LA VALL D'UIXÓ (CASTELLON)  |          | <br><b>UNIVERSITAT JAUME I</b> |                  |
| ESCALA             | S/E   | PLANO    |   | ESQUEMA UNIFILAR |
| FECHA              | ABRIL 2021  |          |   |                  |



|                    |   |   |   |
|--------------------|---|---|---|
| PROYECTO           | ACONDICIONAMIENTO TÉCNICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO Y VERTIDO A RED DE 200 kWp | PLANO Nº  | 06.1  |
| AUTOR DEL PROYECTO | ALBERTO GONZÁLEZ GUIJARRO   |   |   |
| EMPLAZAMIENTO      | POLIGONO 5 PARCELA 650, LA PUNTA. LA VALL D'UIXÓ (CASTELLON)  |   | <br><b>UNIVERSITAT JAUME·I</b> |
| ESCALA             | 1/1000  | PLANO   |   |
| FECHA              | ABRIL 2021  | CENTRO DE TRANSFORMACIÓN<br>DETALLE DE LA CASETA DEL C.T. |   |



|                    |   |          |   |
|--------------------|---|----------|---|
| PROYECTO           | ACONDICIONAMIENTO TÉCNICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO Y VERTIDO A RED DE 200 kWp | PLANO Nº | 06.2  |
| AUTOR DEL PROYECTO | ALBERTO GONZÁLEZ GUIJARRO   |          |   |
| EMPLAZAMIENTO      | POLIGONO 5 PARCELA 650, LA PUNTA. LA VALL D'UIXÓ (CASTELLON)  |          |   |
| ESCALA             | 1/1000  | PLANO    | CENTRO DE TRANSFORMACIÓN<br>APARELLAJE ELÉCTRICO Y ESQUEMA UNIFILAR |
| FECHA              | ABRIL 2021  |          |   |

