

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE  
AUTOCONSUMO EN LA QUESERÍA LA  
PASIEGA DE PEÑA PELADA**

**(PV SYSTEM OF AUTO-CONSUMPTION IN  
THE CHEESE FACTORY LA PASIEGA DE  
PEÑA PELADA)**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Autor: Víctor Manuel Teja Sainz-Maza**

**Septiembre - 2016**

## **Agradecimiento**

En primer lugar, quiero agradecer todo el apoyo que me han brindado mi mujer Cristina y mis padres Francisco y Rosa, en estos años de carrera, porque sin ellos todo esto no tendría sentido. Nunca os podre agradecer lo suficiente todo lo que habéis dado por mí.

Al resto de mi familia y amigos por vuestra confianza, en especial a Alonso Ponce por su apoyo en los momentos más difíciles de mi carrera profesional.

Al tutor del proyecto Roberto Álvarez por su inestimable ayuda y aquellos profesores de los que he recibido tantos conocimientos.

Finalmente, a mi amigo Cesar Ruiz por dejarme utilizar su fábrica como modelo del proyecto.

Gracias a todos de corazón.

## ***DOCUMENTO 1. MEMORIA***

---

## ÍNDICE DEL DOCUMENTO 1. MEMORIA

1. OBJETO .....	1
2. ALCANCE .....	1
3. ANTECEDENTES .....	1
3.1 Tipos de autoconsumo .....	3
3.2 Equipos de medida .....	5
3.3 Cargos y peajes que deben pagar los Autoconsumidores .....	5
3.4 Registro de autoconsumo .....	6
4. NORMAS Y REFERENCIAS .....	7
4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas .....	7
4.2 Programas de cálculo .....	7
4.3 Bibliografía .....	8
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....	9
6. REQUISITOS DEL DISEÑO .....	10
6.1 DATOS DEL CLIENTE .....	10
6.2 Solares y edificaciones .....	10
6.3 Producción .....	10
6.4 Descripción del edificio .....	10
6.5 Actividad e Historia .....	11
7. ANALISIS DE SOLUCIONES .....	11
7.1 Potencia instalada .....	11
7.2 Elección de los paneles solares .....	11
7.3 Estructura soporte .....	13
7.4 Inversores .....	13
8. DATOS ECONÓMICOS .....	14
9. ORDEN DE PRIORIDAD DE DOCUMENTOS .....	15

## **ÍNDICE DE TABLAS DEL DOCUMENTO 1. MEMORIA**

Tabla 1: Descripción tipos de instalaciones.....	3
Tabla 2: Cargos y peajes que deben pagar los autoconsumidores .....	6
Tabla 3: Definiciones y abreviaturas .....	9

## **1. OBJETO**

El alumno Víctor M. Teja Sainz-Maza presenta la memoria descriptiva de la Instalación Solar Fotovoltaica para autoconsumo en la quesería "La Pasiega Peña de Pelada" en la provincia de Cantabria. Este documento recoge las principales características técnicas de las instalaciones asociadas a la misma, además de su situación legal.

La información, en base a la cual se ha redactado la presente memoria, ha sido obtenida de la fábrica objeto. Así mismo dicha información ha sido verificada y complementada mediante visita a las instalaciones.

El 10 de octubre se publicaba el Real Decreto 900/2015 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.

## **2. ALCANCE**

El alcance del proyecto abarcará todo el conjunto de estudios necesarios para determinar la viabilidad del mismo. Estudio técnico, basado en el diseño, cálculo y simulación de la instalación. Estudio financiero, determinando el coste económico y su amortización bajo las nuevas condiciones de mercado. Y el análisis medioambiental, basado en el ciclo de vida de la instalación y de sus componentes. A partir de éste último se pretende concienciar de la necesidad del autoconsumo o el uso de energías renovables, para favorecer un modelo energético sostenible, a la vez que pueda llegar a repercutir en aspectos de índole social.

## **3. ANTECEDENTES**

La energía fotovoltaica es actualmente una realidad en la mayoría de los países industrializados del planeta. En el ámbito de la Unión Europea, tenemos la aprobación en 2008 del Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013-2020 que se compone de normativa vinculante, donde se establecen objetivos concretos para 2020 en materia de energías renovables, eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Además, se introducen elementos como la captura y almacenamiento de carbono y la aviación.

El objetivo principal es sentar las bases para dar cumplimiento a los compromisos en materia de cambio climático y energía asumidos por el Consejo Europeo en 2007:

- Reducir las emisiones totales de gases de efecto invernadero en 2020, al menos en un 20%, respecto de los niveles de 1990, y en un 30% si otros países desarrollados se comprometen a reducciones de emisiones equivalentes y los países en desarrollo contribuyen adecuadamente en función de sus posibilidades.
- Alcanzar el objetivo del 20% de consumo de energías renovables en 2020.
- Los elementos principales de este Paquete son:
- Revisión de la Directiva 2003/87/CE de Comercio Europeo de Derechos de Emisión, para perfeccionar y ampliar el régimen comunitario de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero: Se establece como objetivo para 2020 que los conjuntos de sectores afectados por el comercio de derechos de emisión reduzcan sus emisiones un 21% respecto a los niveles de 2005.
- Decisión de Reparto de Esfuerzos en sectores no cubiertos por la Directiva de Comercio Europeo de Derechos de Emisión: Se fija un objetivo global de reducción del 10% en 2020 respecto a 2005, y se establecen objetivos nacionales de limitación o reducción de las emisiones no incluidas en el comercio de derechos de emisión (sectores difusos). A España le corresponde un objetivo de reducción del 10% en 2020 respecto a 2005.
- Directiva de almacenamiento geológico de dióxido de carbono: Esta Directiva regula el almacenamiento geológico de carbono en el territorio de los Estados Miembros, su zona económica exclusiva y la plataforma continental.
- Directiva relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables: Incluye a su vez dos objetivos, por un lado, el de que un 20% del consumo de energía final en la UE en 2020 proceda de fuentes renovables y, por otro lado, el de que un 10% de la energía consumida en el transporte, en cada país, provenga de fuentes renovables.

En base a esta normativa vinculante España debería de favorecer e incentivar la energía renovable no solo a nivel de grandes empresas generadoras sino también la generación de particulares para cumplir con los objetivos tal y como afirman distintos expertos.

En cambio, la ley 24/2013 del Sector Eléctrico y la Orden IET/1045/2014, de 16 de junio, consiguió un recorte de 930 millones de euros que retroactivamente se ha expropiado a los inversores fotovoltaicos llevando a muchos de ellos a perder todo lo invertido, y a ahuyentar a posibles inversores en esta materia.

Respecto a ley 24/2013 del Sector Eléctrico y la Orden IET/1045/2014 quedó pendiente el desarrollo del artículo 9 de dicha Ley que debe establecer el marco normativo para el autoconsumo. Pero a pesar del castigo en materia de energías renovables el Real Decreto 900/2015 del 10 de Octubre vino a confirmar la dificultad que va a encontrar el autoconsumo para ser incentivado por el estado. Para comprender las soluciones adoptadas en el presente proyecto, se describe a continuación las principales características de la norma en autoconsumo.

### 3.1 TIPOS DE AUTOCONSUMO

El punto de partida de la norma lo constituyen los tipos de autoconsumo permitidos: autoconsumo tipo 1 y tipo 2. En ambos casos se comparte la obligación de que la potencia a instalar (medida en términos de kW pico) no puede exceder de la potencia contratada en el punto de suministro.

Tipo	¿Potencia de la instalación puede ser mayor a la contratada en el suministro?	Límite máximo de potencia a instalar	¿Está la instalación inscrita en el RAIPRE?	¿El titular de la instalación y del punto de suministro debe de ser el mismo?	Sujeto a los efectos del sistema eléctrico
1	No	$P \leq 100\text{kW}$	No	Si	Consumidor
2	No	No	Si	No	2. Consumidor y productor

Tabla 1: Descripción tipos de instalaciones

#### Instalaciones de tipo 1:

Instalaciones no inscritas en el Registro Administrativo de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica (Raipre) asociadas a un punto de suministro que tenga una potencia contratada no superior a 100 kW. En este tipo de instalaciones el titular del punto de suministro debe coincidir con el titular de la instalación.

A efectos de la Ley del Sector Eléctrico, los autoconsumidores tipo 1 tienen la consideración de consumidores. Las instalaciones del tipo 1 deberán cumplir con los requisitos técnicos y de conexión que se establece en el RD1699/2011 pudiendo acogerse al procedimiento abreviado de conexión que se establece en su artículo 9º, siempre y cuando la potencia de la instalación no supere los 10 kW.

En este caso el consumidor no asume el coste de los estudios de conexión y acceso. El RD autoriza el vertido a la red eléctrica de excedentes de energía, aunque, como no se está dado de alta en el Raipre, no se permite una contraprestación económica, y por lo tanto

tampoco se está sujeto al impuesto sobre el valor de la producción de energía eléctrica (IVPE). Por otro lado, este vertido no paga el peaje a la generación de 0,5 €/MWh que han de satisfacer los productores dado que no se trata de un productor sino de un consumidor.

#### Instalaciones de tipo 2:

Autoconsumidores inscritos en el Raipre, sin obligación de que coincidan el titular de la instalación y el del punto de suministro. Bajo esta opción no se permite la posibilidad de que una comunidad de propietarios autoconsumiese la energía producida por una de estas instalaciones, lo que es una barrera normativa al desarrollo del autoconsumo.

Los requisitos técnicos y de conexión, las instalaciones deberán cumplir con lo establecido en el RD1699/2011, si su tamaño no excede de 100 kW. En el resto de casos, el procedimiento de conexión y acceso será el que determine el RD1955/2000. Por su parte, este tipo de autoconsumidores deberá asumir los costes de estudio y conexión y deberá formalizar un aval de 20 €/kW en el caso de que la potencia instalada exceda de 10 kW.

Asimismo, la norma establece la obligación de formalizar un contrato de acceso para los servicios auxiliares de la instalación, aunque se permite que este sea conjunto con el de suministro siempre y cuando se cumplan varios requisitos entre los que se encuentra que la potencia no exceda de 100 kW y que el titular de la instalación sea el mismo que el del punto de suministro.

En lo que respecta al régimen económico de la energía excedentaria, los consumidores tipo 2 tienen una doble condición: por un lado, son consumidores (por la energía importada de la red) y por otro lado son productores (por los vertidos evacuados a la red). Por ello, los excedentes de energía se pueden remunerar al precio horario del mercado diario, pero pagan el IVPE (7% sobre el valor de los ingresos obtenidos por las ventas de energía) y, deben pagar el peaje a la generación.

#### Instalaciones aisladas:

Con el RD se define y da carácter legal a las instalaciones aisladas. Además, las deja fuera de su ámbito de aplicación por lo que a estas instalaciones no les resulta de aplicación el RD.

### **3.2 EQUIPOS DE MEDIDA**

Con independencia del tipo de autoconsumo elegido se deben instalar, al menos dos contadores, telegestionados y telecontrolados lo más próximos posibles al punto frontera con la posibilidad de instalar un tercero.

#### Autoconsumidores de tipo 1

Deberán contar con un equipo de medida que registre la energía generada y otro independiente en el punto frontera. Opcionalmente se podrá disponer de un equipo de medida que registre la energía consumida total por el consumidor asociado.

#### Autoconsumidores tipo 2

Deberán instalar, con carácter general los siguientes equipos: (I) un equipo de medida bidireccional que mida la energía generada neta, (II) equipo de medida que registre la energía consumida total y, (III) potestativamente un equipo de medida bidireccional en el punto frontera. Alternativamente, si el sistema tipo 2 tiene una potencia instalada no superior a 100 kW y, además, el titular de la instalación no difiere del de consumo, deberá instalar: (I) un equipo de medida bidireccional que mida la energía generada neta, (II) equipo de medida bidireccional en el punto frontera y, (III) potestativamente un equipo de medida que registre la energía consumida total.

### **3.3 CARGOS Y PEAJES QUE DEBEN PAGAR LOS AUTOCONSUMIDORES**

En este apartado vamos a desarrollar el régimen transitorio que resultará de aplicación hasta que la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) defina la metodología para imputar a los peajes de acceso los costes del sistema.

- Por la potencia contratada en el punto de suministro o la demandada, dependiendo del tipo de tarifa, se pagan peajes de acceso.
- Por la diferencia entre la potencia que está utilizando menos la potencia contratada/demandada se paga un cargo fijo transitorio y que, en la mayor parte de los casos, este cargo fijo solo se paga en el caso de que haya elementos de acumulación.
- Por cada kWh importado de la red se pagan peajes de acceso.
- Por cada kWh autoconsumido se paga un cargo variable transitorio.

Concepto	Peaje de acceso	Cargo transitorio
Pot. Contratada/demanda kW	Si	-
Pot. Realmente demanda kW	-	Si, cuando sea mayor que la potencia facturada vía peajes de acceso
Energía adquirida de la red (demanda horaria kWh)	Si	-
Energía autoconsumida kWh	-	Si

Tabla 2: Cargos y peajes que deben pagar los autoconsumidores

Al respecto del cargo variable transitorio se exime de su pago a las instalaciones de autoconsumo ubicadas en Canarias, Ceuta, Melilla y los sistemas de Ibiza y Formentera. Para el sistema Mallorca–Menorca se establece un cargo reducido.

### 3.4 REGISTRO DE AUTOCONSUMO

El RD constituye la obligación de que todas las instalaciones de autoconsumo, excepto las instalaciones aisladas, deban inscribirse en el Registro Administrativo de Autoconsumo. Esta obligación también recae sobre las instalaciones puestas en marcha con anterioridad al RD.

Bajo este nuevo marco legal y normativo, el proyecto "Instalación Solar Fotovoltaica para autoconsumo en la quesería La Pasiega de Peña Pelada", tiene como objetivo estudiar la viabilidad técnica, económica y medioambiental, de una instalación solar fotovoltaica cercana a los 100 kW para autogeneración, en una empresa dedicada a la elaboración de productos alimenticios tradicionales, pero extrapolable a cualquier otra actividad.

---

## 4. NORMAS Y REFERENCIAS

### 4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

- El Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación aprobado por Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero
- 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 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.
- 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 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 para establecer la regulación del sector eléctrico.
- Orden IET/2445/2014, de 19 de diciembre, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas y la retribución de las actividades reguladas.
- 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
- Pliego de condiciones técnicas IDAE PCT-C-REV - julio 2011

### 4.2 PROGRAMAS DE CÁLCULO

En la elaboración del proyecto se han utilizado los siguientes programas:

- PVGIS para el cálculo de la producción anual esperada.
- SUNNY DESING 3 para el cálculo del inversor.

## 4.3 BIBLIOGRAFÍA

- La cobertura legal del autoconsumo en España <http://www.energias-renovables.com/articulo/la-cobertura-legal-del-autoconsumo-en-espana-20160421>.
- Página oficial de la Comisión Europea, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvpgis/>
- Falk Antony 2006: Fotovoltaica para Profesionales Sevilla: Progensa.
- Carta González, José Antonio 2013: Centrales de Energías Renovables Madrid: Pearson Educación S.A.
- <http://www.technisolar.es/> 10 diferencias entre el autoconsumo en España y el resto de Europa.
- Marcombo S.A., 2005 y Altamar S.A., 2005: Instalaciones Eléctricas de Interior, José María Sebastián Gudel, Pedro González Domínguez.
- McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U., 2006: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Belén Carneros.
- Creaciones Copyright, S.L. 2008: Compendio de Fórmulas para Electricistas, Francisco Ruíz Vassallo.
- PARANINFO S.A.,2007: Instalaciones Eléctricas de Enlace y Centros de Transformación, José Carlos Toledano Gasca y José Luis Sanz Serrano
- El Autoconsumo Energético y la Generación Distribuida Renovable como Yacimiento de Empleo, Begoña María-Tome Gil y Sara Pérez Díaz.
- Energía solar fotovoltaica, ¿una energía “limpia”?, <http://www.ecooo.es/>
- Neutralizando nuestra huella ecológica: comparación de los beneficios de una instalación fotovoltaica de 10 kW con la puesta en práctica de “buenos hábitos ecológicos”, <http://www.ecooo.es/>
- UNEF, 2015: La Energía Fotovoltaica una Alternativa Real.
- TFC Instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial, Israel Blanco Sardinero.
- TFC Diseño y Cálculo de una Instalación Fotovoltaica de 1,1 MW, Roger Guardiola Parera, 2008.
- TFM Instalación Fotovoltaica en Nave Industrial para Autoconsumo Conectada a Red Eléctrica, Pedro Pérez Montero, 2013.
- Guía Técnica De Aplicación Para Instalaciones De Energías Renovables Instalaciones Fotovoltaicas, Dirección General de Industria y Energía.
- TFC Instalación Fotovoltaica Conectada A Red Sobre Cubierta De Nave Industrial Existente En Castilla Y León, Íñigo López Ayala, 2008.

## 5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

I	Intensidad (A)
U	Tensión (V)
S	Sección ( $\text{mm}^2$ )
L	Longitud (m)
$\beta$	Inclinación de los paneles
$\emptyset$	Azimut
$\rho$	Resistividad ( $(\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$ )
$W_p$	Potencia de pico (W)
$E_d$	Producción de electricidad media diaria por el sistema dado (kWh)
$E_m$	Producción de electricidad media mensual por el sistema dado (kWh)
$H_d$	Media diaria de la irradiación global recibida por $\text{m}^2$ por los módulos del sistema dado ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ )
$H_m$	Suma media de la irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ )
e	Caída de tensión (V)
P	Potencia activa (W)
$T_p$	Temperatura que alcanza la célula fotovoltaica a una temperatura determinada ( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_a$	Temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_{\text{ONC}}$	Temperatura nominal de la célula fotovoltaica ( $^{\circ}\text{C}$ )
I	Irradancia media
$I_{cc}$	Corriente máxima que va a circular por los conductores (A)
A.C.	Corriente alterna
D.C.	Corriente continua
UI	Tensión de línea (V)
P	Potencia activa (W)

Tabla 3: Definiciones y abreviaturas

## 6. REQUISITOS DEL DISEÑO

### 6.1 DATOS DEL CLIENTE

Denominación:	La Pasiega de Peña Pelada
Nombre/Razón social:	Herederos de Tomas Ruiz, S.L.
Calle y nº:	Sierra Hermosa, 16 A.
Municipio:	Riotuerto.
Población:	La Cavada.
Código postal:	39710.
Provincia:	Cantabria.
Coordenadas UTM:	X: 441.942; Y: 4.799.450; USO:30.
Actividad principal de la empresa:	Elaboración de productos lácteos.

### 6.2 SOLARES Y EDIFICACIONES

Solares: 17.093 m<sup>2</sup>.

Edificación: 22.54 m<sup>2</sup>.

\* Ver anexo 4 para ver la consulta descriptiva y gráfica de datos catastrales bienes inmuebles de naturaleza rústica y urbana.

### 6.3 PRODUCCIÓN

Nº Horas/semana: 40h.

Nº Días/año: 221 días.

Capacidad anual: 533 Tn (Producto terminado).

### 6.4 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

La instalación se realiza en el edificio La Pasiega de Peña Pelada, se trata de una factoría cuya construcción data del año 1998, la cual se compone de un edificio principal donde se ubican las oficinas, la fábrica en sí, las cámaras de conservación y curado y la zona de venta al público y carga. En otra zona de la parcela, se encuentran el transformador, los generados de vapor y la depuradora propiedad de la empresa.

Las fachadas están formadas de ladrillo revestido de piedra o chapa de cerramiento en su gran parte. Todos los cerramientos de la residencia cuentan con doble acristalamiento y rotura de puente térmico. El edificio dispone de zona de carga para distribución, así como de una pequeña tienda para venta al público.

## **6.5 ACTIVIDAD E HISTORIA**

La actividad de la quesería "La pasiega de Peña Pelada" es la fabricación y distribución de quesos, desde la recogida y almacenamiento de leche de los ganaderos hasta el etiquetado, almacenamiento, distribución y venta del producto final.

Esta quesería se fundó en el año 1917 por Brigida Ruiz en Rubalcaba, Liérganes. Siguieron la tradición sus hijos. En 1970 se trasladan a La Cavada. Actualmente son sus nietos quién, en una moderna fabrica artesanal y homologada, seleccionan cuidadosamente las materias primas de mejor calidad. La fábrica pretende mediante el presente proyecto ligar su identidad al consumo energético renovable reduciendo su huella ecológica en la producción de sus quesos.

## **7. ANALISIS DE SOLUCIONES**

### **7.1 POTENCIA INSTALADA**

Se valoran llegar a instalar 100 kW de potencia instalada por dos motivos:

1. Es el valor máximo que permite el Real Decreto 900/2015, de 9 de Octubre para instalaciones de autoconsumo de tipo 1. Con instalaciones de tipo 1 no se menciona el pago de peaje de acceso a la red, y dado que el cliente no tiene intención de vender energía es un coste innecesario.
2. Es inferior a la potencia contratada de la empresa objeto cumpliendo así con los requisitos generales del Art. 5 del Real Decreto 900/2015.

### **7.2 ELECCIÓN DE LOS PANELES SOLARES**

Se estudian tres alternativas de módulos:

1. Panel Solar VICTRON 300W 24V monocristalino. Mayor rendimiento energético, mayor coste económico y tamaño similar a los siguientes paneles. Los módulos cumplen con el pliego de condiciones técnicas IDAE PCT-C-REV - julio 2011.
2. Panel Solar VICTRON 300W 24V Policristalino. Menor rendimiento energético, menor coste económico y tamaño idéntico al Panel Solar VICTRON 300W 24V monocristalino. Los módulos cumplen con el pliego de condiciones técnicas IDAE PCT-C-REV - julio 2011.
3. Panel Solar 300W 24V Policristalino ATERSA OPTIMUM. Menor rendimiento energético, menor coste económico y tamaño algo mayor a los paneles VICTRON.

Los módulos cumplen con el pliego de condiciones técnicas IDAE PCT-C-REV - julio 2011.

Se selecciona el Panel Solar 300W 24V Policristalino ATERSA OPTIMUM. A pesar de tener un rendimiento menor, no es determinante en el conjunto del generador y el coste económico es inferior al 40% que las otras dos opciones. El tamaño no importa al tener espacio de sobra en el tejado. Además, posee las siguientes cualidades y especificaciones:

- Es un panel solar optimizado tanto en precio como en eficiencia, con la garantía de Atersa, este panel solar tiene una salida de potencia estable basado en una tecnología de proceso innovador a, selectiva y eficaz que permite dar la garantía de un fabricante de módulos desde hace más de 30 años.
- Gracias a su laminado y su cristal nulo en plomo, se permite tener un alto índice de eficiencia (un 18% aproximadamente).
- Los paneles solares Atersa Optimum, poseen una diferencia significativa en precio respecto a los paneles solares Atersa ultra, debido a su origen de fabricación.
- Con un funcionamiento eléctrico excepcional, el panel trabaja de manera eficaz en condiciones atmosféricas adversas, tanto alta temperatura o baja irradiación.
- El marco es compatible con las grapas hook estándar.
- Cumple con un riguroso control de calidad por parte de la fábrica Atersa, pasando todos los controles internacionales existentes hasta la fecha, pudiendo así ser instalado en cualquier instalación solar fotovoltaicas, con requerimientos técnicos altos y garantías en el módulo que se instale.
- La garantía mecánica es de 10 años mientras que la garantía de rendimiento es de 25 años.
- La cubierta frontal es de cristal templado, con un espesor de 3,2 mm.
- Las células que monta son policristalinas de 156 x 156 mm.
- El marco está construido en una aleación de aluminio anodizado color plata que ofrece una resistencia tanto al transporte como a su colocación en las instalaciones solares.
- La caja de conexiones posee un grado de protección IP65.
- Cada panel, lleva 1 m de cable por cada polo, siendo su espesor de 4 mm<sup>2</sup>; el conector que incorpora es compatible con los conectores MC4.

Se detalla el coste económico en el capítulo Presupuesto.

Se incluye el catálogo de especificaciones en el capítulo Anexos.

### 7.3 ESTRUCTURA SOPORTE

Se selecciona una Estructura Paneles Solares Cubierta Metálica 6 ud KH915 130mm por las siguientes cualidades y especificaciones:

- La estructura está diseñada para estar instalada en posición horizontal, con la misma inclinación que la cubierta existente. También es posible la instalación en vertical, formando una columna en vertical.
- Cumple con la UNE-EN 1991-1-3:2004 Cargas de nieve. 200 N/m<sup>2</sup>
- Cumple con la UNE-EN 1991-1-4:2007 Cargas de viento.  $V_b$ : 29 m/s
- La estructura y la fijación de la chapa a la sobre estructura, es capaz de aguantar dichas cargas.
- Los materiales están fabricados íntegramente en aluminio de alta calidad, mientras que la tornillería y accesorios están creados en acero inoxidable.

Se detalla el coste económico en el Documento N°6: Presupuesto.

Se incluye el catálogo de especificaciones en el capítulo Anexos.

### 7.4 INVERSORES

Se selecciona una el inversor STP 20000TL-30, dado que en las diferentes simulaciones con el programa SUNNY DESING 3 se ha calculado el inversor más adecuado obteniendo el rendimiento, su compatibilidad con los paneles, así como la configuración de montaje y conexión de los paneles correspondiente a cada inversor.

Los inversores estarán ubicados en armarios eléctricos fabricados para garantizar una larga vida útil del montaje eléctrico en su interior. Cuentan con un sistema de cierre de fácil apertura, suavidad de giro para la puerta y una apertura máxima para mejorar la amplitud de trabajo en sus montajes. La puerta de los armarios eléctricos es fácilmente desmontable. El armario eléctrico está fabricado bajo normativa CE.

- Características del armario eléctrico:
- Dimensiones: 1000x800x300 mm.
- Una puerta con 3 bisagras.
- Pintura del armario eléctrico: RAL 7035.

Material del armario eléctrico: Chapa de acero.

- Grado de protección: IP66.
- Tipo de cierre: un cuarto de vuelta en poliamida.
- Fijación del armario eléctrico: mural.

- Placa de montaje: incluida en el precio.
- Normativa CE.

Se detalla el coste económico en el Documento N° 6: Presupuesto.

Se incluye el catálogo de especificaciones de los inversores en el Documento N° 2: Anexos.

## **8. DATOS ECONÓMICOS**

La instalación fotovoltaica proyectada tiene su principal peso económico en el suministro de equipos y canalizaciones (capítulos 1 y 5 del Documento 6: Presupuesto). Justificándose el gasto de canalizaciones en llevar la red de A.C. hasta la caseta de transformación donde se encuentra el cuadro de baja tensión. Dicha canalización se realiza subterránea y no aérea para evitar vanos y postes en el recinto de la fábrica.

Con un ajuste de gastos generales y del benéfico industrial, así como un nuevo diseño donde no se requiera canalización, se podría reducir significativamente el coste equivalente anual de la inversión, que ascienda a 29.046,6 € anuales por los 19.904,97 € de consumo en energía, lo que hace una rentabilidad nula.

Otra opción es diseñar una planta tipo 2 con baterías para almacenar la energía que se sobre produce en las horas pico solares, para utilizarla en las horas bajas de sol y no implicar energía de la red. También seríamos productores y podríamos vender energía sobrante, pero estos casos ya sería un proyecto distinto al solicitado por el cliente.

## 9. ORDEN DE PRIORIDAD DE DOCUMENTOS

El orden de prioridad de documentos en el presente proyecto es el siguiente:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Anexos
4. Presupuesto
5. Memoria

En Santander a 20 de septiembre



Fdo. Víctor Manuel Teja Sainz-Maza  
Grado en Ingeniería Eléctrica

## ***DOCUMENTO 2. ANEXOS***

---

## ÍNDICE DEL DOCUMENTO 2. ANEXOS

1. DATOS DE PARTIDA .....	1
1.1 Datos del cliente .....	1
1.2 Solares y edificaciones .....	1
1.3 Producción .....	1
1.4 Descripción del edificio .....	1
2. CÁCULOS .....	2
1 Cálculo de la demanda anual de energía eléctrica .....	2
1.1 Características de la factura .....	2
1.2 Consumo de energía eléctrica anual .....	2
1.3 Costes económicos del contrato eléctrico .....	3
2 Cálculo del generador fotovoltaico .....	3
2.1 Pérdidas por orientación e inclinación de los paneles .....	3
2.2 Número de paneles .....	4
2.3 Área de ocupación de los paneles .....	4
2.4 Potencia instalada del generador .....	4
3 ESTRUCTURA SOPORTE .....	5
4 CÁLCULO DEI RENDIMIENTO ENERGÉTICO .....	6
4.1 Ventajas y desventajas del PVGIS .....	6
4.2 Resultados .....	7
5 SELECCIÓN DEL INVERSOR .....	8
5.1 Cálculo del inversor .....	8
6 SECCIONES DEL CABLEADO .....	10
6.1 Requerimientos del cableado .....	10
6.2 Cálculo de la sección .....	10
6.3 Cableado de corriente continua .....	11
6.4 Cableado de corriente alterna .....	13
7 PROTECCIONES .....	17
7.1 Protecciones de corriente continua .....	18

---

7.2 Protecciones de corriente alterna.....	21
8 PUESTA ATIERRA DE LAS INSTALACIONES.....	23
8.1 Composición de la puesta a tierra.....	23
9 EQUIPOS DE MEDIDA.....	25
9.1 Selección del equipo de medida.....	25
3. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	26
1 Objeto y justificación.....	26
2 Definiciones.....	26
2.1 Jefe de los Trabajos.....	26
2.2 Zona Protegida.....	26
2.3 Zona de Trabajo.....	27
3 Reuniones de seguridad.....	27
4 Riesgos de los trabajos.....	27
5 Medios de prevención y protección.....	28
5.1 Trabajos sobrefachadas.....	28
5.2 Trabajos en tejados y cubiertas.....	29
5.3 Trabajos en líneas subterráneas.....	30
5.4 Trabajos en zanjas.....	30
5.5 Excavación.....	31
5.6 Hormigonado.....	32
5.7 Señalización.....	32
6 Tendido de cable subterráneo.....	32
6.1 Comprobación, pelado y embornado de cables.....	32
7 Trabajos en proximidades de elementos con tensión en alta y baja tensión.....	33
8 Material de seguridad.....	33
8.1 Para actividad de Obra Civil.....	33
8.2 Para trabajos de montajes mecánicos y eléctricos.....	34
4. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.....	35
1 Módulo fotovoltaico.....	35

---

2 Estructura-Paneles-Solares-KH915.....	36
3 Inversor STP 20000TL-30 .....	37
4 Cálculos del SUNNY DESING 3.....	38
5 consulta descriptiva y gráfica de datos catastrales bienes inmuebles de naturaleza rústica.....	39
6 consulta descriptiva y gráfica de datos catastrales bienes inmuebles de naturaleza urbana.....	40
5. ESTUDIO ECONÓMICO.....	41
1 Características del Estudio .....	41
2 Ingresos y gastos .....	41
2.1 Ingresos.....	41
2.2 Gastos de explotación.....	42
3 Rentabilidad de la planta fotovoltaica .....	42
6. ESTUDIO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL .....	45
1 Ventajas Ambientales.....	45
2 Emisiones en el ciclo de vida de una instalación fotovoltaica .....	46
3 Amortización de emisiones de la planta FV. ....	47
4 Impacto visual .....	48
5 Impacto acústico.....	48
6 Impacto sobre el territorio .....	48

---

## ÍNDICE DE FIGURAS DEL DOCUMENTO 2. ANEXOS

Ilustración 1: Inversor resultante del cálculo de SUNNY DESING 3.....	8
Ilustración 2: Canalización del cableado .....	12

## ÍNDICE DE TABLAS DEL DOCUMENTO 2. ANEXOS

Tabla 1: Consumo energético anual.....	2
Tabla 2: Costes económicos del contrato de electricidad.....	3
Tabla 3: Datos obtenidos por el PVGIS.....	7
Tabla 4: Valores requeridos para el cálculo del inversor .....	9
Tabla 5: Secciones del cableado del Tramo 2.....	13
Tabla 6: Secciones e intensidades para las protecciones del Tramo 2 .....	20
Tabla 7: Secciones para los conductores de protección.....	24
Tabla 8: Emisiones de CO <sub>2</sub> e en el ciclo de vida de módulos.....	46
Tabla 9: Emisiones de CO <sub>2</sub> e en el ciclo de vida de módulos.....	47

## 1. DATOS DE PARTIDA

### 1.1 DATOS DEL CLIENTE

Denominación:	La Pasiega de Peña Pelada
Nombre/Razón social:	Herederos de Tomas Ruiz, S.L.
Calle y nº:	Sierra Hermosa, 16 A.
Municipio:	Riotuerto.
Población:	La Cavada.
Código postal:	39710.
Provincia:	Cantabria.
Coordenadas UTM:	X: 441.942; Y: 4.799.450; USO:30.
Actividad principal de la empresa:	Elaboración de productos lácteos.

### 1.2 SOLARES Y EDIFICACIONES

Solares: 17.093 m<sup>2</sup>.

Edificación: 22.54 m<sup>2</sup>.

\* Ver anexo 4 para ver la consulta descriptiva y gráfica de datos catastrales bienes inmuebles de naturaleza rústica y urbana.

### 1.3 PRODUCCIÓN

Nº Horas/semana: 40h.

Nº Días/año: 221 días.

Capacidad anual: 533 Tn (Producto terminado).

### 1.4 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

La instalación se realiza en el edificio La Pasiega de Peña Pelada, se trata de una factoría cuya construcción data del año 1998, la cual se compone de un edificio principal donde se ubican las oficinas, la fábrica en sí, las cámaras de conservación, de curado y la zona de venta al público y carga. En otra zona de la parcela, se encuentran el transformador, los generadores de vapor y la depuradora. Todos estos elementos son propiedad de la empresa.

Las fachadas están formadas de ladrillo revestido de piedra o chapa de cerramiento en su gran parte. Todos los cerramientos de la residencia cuentan con doble acristalamiento y rotura de puente térmico. El edificio dispone de zona de carga para distribución, así como de una pequeña tienda para venta al público.

## 2. CÁCULOS

### 1 CÁLCULO DE LA DEMANDA ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se parte de un estudio de la factura eléctrica anual de la empresa para diseñar apropiadamente la instalación y así evitar sobredimensionamientos y costes.

#### 1.1 Características de la factura

La Pasiega de Peña Pelada cuenta con un suministro eléctrico proporcionado por una suministradora de energía eléctrica, en donde su factura tiene las siguientes características:

- Tarifa 3.1 A (Facturación en alta tensión/transformador propio)
- Potencia contratada:

P1: 127.5 kW

P2: 127.5 kW

P3: 127.5 kW

- Discriminación horaria: 3.1 A
- Recargos por exceso de potencia
- Energía reactiva
- Componente regulado término variable
- Impuesto sobre la electricidad

#### 1.2 Consumo de energía eléctrica anual

kWh	Enero	Febr.	Mar.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
P1	2233	2356	2614	3597	5243	7272	7062	7062	8179	6415	6652	2356
P2	7200	7830	8373	9879	6407	9496	9794	9794	11419	8949	8085	7830
P3	6100	6586	7322	8865	7057	145	10524	10524	11990	10162	8440	6586
<b>Total</b>	15533	16772	18309	22341	18707	16913	27380	27380	31588	25526	23177	16772
<b>Total kWh anual 260.398</b>												

**Tabla 1: Consumo energético anual**

### 1.3 Costes económicos del contrato eléctrico

Se tabulan a continuación los costes económicos anuales derivados del contrato eléctrico de la Quesería la Pasiega de Peña Pelada con la compañía suministradora de energía.

	Total €/año	Media mensual €
Termino de potencia	7.702,04	641,84
Termino de potencia	3.831,39	319,28
Termino de potencia	889,96	74,16
Termino Energía P1	5.421,71	451,81
Termino Energía P2	8.053,54	671,13
Termino Energía P3	6.337,88	528,16
Termino Energía Q	91,83	7,65
Termino de energía total	19.904,97	1.658,75

Tabla 2: Costes económicos del contrato de electricidad

## 2 CÁLCULO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

Para el cálculo del generador se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Ubicación:** La ubicación del generador se encuentra en el paño del tejado y está exento de cualquier tipo de sombras.
- **Potencia a instalar:** La planta pretende cubrir una potencia instalada cercana a los 100 kW.
- **Inversión:** La cuantía de la inversión no está limitada pues se dispone de una línea de crédito por un importe suficiente, pero se intenta ser lo más conservador posible.

### 2.1 Pérdidas por orientación e inclinación de los paneles

El objeto de este punto es determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles por este concepto en el Pliego de Condiciones Técnicas IDAE PCT-C-REV - julio 2011.

El tejado está orientado  $18,37^\circ$  hacia el Este (azimut ( $\theta$ ) =  $-18,37^\circ$ ) con una inclinación  $\beta = 5,72^\circ$  respecto a la horizontal, con latitud  $43^\circ$  (ver plano N<sup>o</sup>3).

Las pérdidas máximas permitidas son del 20% para paneles en superposición. Atendiendo a la fórmula siguiente para  $\beta \leq 15^\circ$ :

$$\text{Perdidas}(\%) = 100 \cdot [1.2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \phi + 10)^2] \quad (1)$$

$$\text{Perdidas}(\%) = 100 \cdot [1.2 \cdot 10^{-4} \cdot (5.72 - 18.37 + 10)^2] = 6.15\% \quad (2)$$

6.15% < 20% cumple con las pérdidas máximas permitidas según el Pliego de Condiciones Técnicas IDAE PCT-C-REV - julio 2011.

## 2.2 Número de paneles

Se emplean paneles de 300W 24V Policristalino ATERSA OPTIMUM con dimensiones 1.955 x 0.995 x 0.05 (ver Anexo 4 para su hoja de características).

El número de paneles se comienza a determinar por la potencia instalada pretendida entre la potencia de cada panel.

$$N^{\circ}_{\text{panelesTotal}} = \frac{P_{\text{instalada}} (\text{kW})}{P_{\text{panel}} (\text{kW}_{\text{panel}})} \quad (3)$$

$$N^{\circ}_{\text{panelesTotal}} = \frac{100}{0,3} = 333,3 \text{ paneles} \quad (4)$$

## 2.3 Área de ocupación de los paneles

Se calcula el máximo número de paneles que se podrían instalar en el tejado desarrollando el número máximo de paneles que entrar a lo largo del tejado por el ancho del mismo:

$$\frac{L_{\text{tejado}}}{L_{\text{panel}}} \rightarrow \frac{56\text{m}}{1,955\text{m}} = 28,64 \rightarrow 29 \text{ paneles} \quad (5)$$

$$\frac{B_{\text{tejado}}}{B_{\text{panel}}} \rightarrow \frac{20\text{m}}{0,995\text{m}} = 20,1 \rightarrow 20 \text{ paneles} \quad (6)$$

Sobre el tejado pueden montarse un máximo de  $29 \cdot 20 = 580$  paneles. Capacidad de sobra para los 333,3 calculados.

Se opta por instalar 330 paneles en base a que este número redondo nos permitirá una distribución óptima.

## 2.4 Potencia instalada del generador

La potencia instalada viene determinada por el número de paneles definitivo multiplicados por la potencia de cada panel.

$$P_{\text{instalada}} = N^{\circ}_{\text{paneles}} \cdot P_{\text{panel}} (\text{kW/panel}) \quad (7)$$

$$P_{\text{instalada}} = 330 \cdot 0,3 = 99 \text{ kW} \quad (8)$$

### 3 ESTRUCTURA SOPORTE

Tal y como marca el PPCT-C-REV-julio 2011 la estructura soporte cumplirá con los siguientes puntos:

- La estructura soporte cumple las especificaciones con en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.
- La estructura soporte de módulos resisten, 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.
- El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.
- La tornillería será realizada en acero inoxidable.
- La estructura soporte será calculada según la normativa vigente para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

Se selecciona una estructura para paneles solares de cubierta metálica 6 ud KH915 130mm (ver Anexo 4 para ver hoja de características)

La estructura de la nave está sobredimensionada según código técnico de edificación para soportar la sobrecarga de una instalación fotovoltaica.

## 4 CÁLCULO DEL RENDIMIENTO ENERGÉTICO

Para conocer el rendimiento energético del generador fotovoltaico de la instalación utilizaremos el programa Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), desarrollado por la Comisión Europea.

### 4.1 Ventajas y desventajas del PVGIS

#### Ventajas:

- Está siendo optimizado continuamente.
- Datos de irradiación universalmente reconocidos.
- El sistema permite el cálculo desde cualquier ubicación en Europa o África.
- Está disponible en español.
- El programa tiene en cuenta sombras de montañas y permite introducir sombras producidas por edificaciones cercanas.
- Es libre.

#### Desventajas:

- No permite introducir datos de módulos o inversores, aunque sí comparar diferentes tecnologías de módulos.
- No sirve para calcular una instalación, sólo para ver el potencial de una cubierta.
- No calcula eficientemente las pérdidas propias de la instalación. Por defecto el programa estima unas pérdidas del 14% para la instalación (es una aproximación).
- El dato de partida para el cálculo es la potencia pico de la instalación. Con lo que ya se deben haber realizado cálculos previamente.

#### Datos requeridos por el PVGIS para la estimación de la producción anual:

- Latitud: 43°20'58" Norte, Longitud: 3°43'0" Oeste.
- Potencia nominal del sistema FV: 99 kWp.
- Inclinación de los módulos: 6 grados.
- Orientación (acimut) de los módulos: -18 grados.
- Angulo fijo

## 4.2 Resultados

Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Enero	12.300	3.830	1.59	49.4
Febrero	17.800	4.990	2.28	63.8
Marzo	28.200	8.750	3.67	114
Abril	33.200	9.960	4.36	131
Mayo	39.500	12.300	5.26	163
Junio	42.300	12.700	5.71	171
Julio	42.100	13.100	5.72	177
Agosto	37.800	11.700	5.12	159
Septiembre	31.800	9.530	4.25	127
Octubre	21.800	6.750	2.88	89.4
Noviembre	13.600	4.090	1.78	53.3
Diciembre	10.400	3.240	1.37	42.4
Media del año	27.600	8.400	3.67	112
Total para el año	-	109.340 kWh	-	1.154 kWh/m <sup>2</sup>

Tabla 3: Datos obtenidos por el PVGIS

Ed: Producción de electricidad media diaria por el sistema dado (kWh).

Em: Producción de electricidad media mensual por el sistema dado (kWh).

Hd: Media diaria de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado (kWh/m<sup>2</sup>).

Hm: Suma media de la irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh/m<sup>2</sup>).

## 5 SELECCIÓN DEL INVERSOR

Tal y como marca el PPCT-C-REV-julio 2011 los 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, aparte de contar con unas características básicas descritas en él.

### 5.1 Cálculo del inversor

Calculamos el inversor apropiado con el programa SUNNY DESING 3. Con los datos que nos requiere el SUNNY DESING 3 mostrados en la Tabla 3, este calcula el inversor más adecuado obteniendo el rendimiento, su compatibilidad con los paneles, así como la configuración de montaje y conexión de los paneles correspondiente a cada inversor si hubiese más de uno.

El resultado óptimo en niveles de rendimiento y diseño después de varias simulaciones de configuración de string es el siguiente:

- 6 inversores STP 20000TL-30, cada uno de ellos conectado a un string del generador fotovoltaico de 3 filas conectadas en paralelo, de las cuales dos tienen 18 paneles en serie, y la última 19 paneles en serie.

6 x STP 20000TL-30 (Parte de la planta 1)			
Potencia pico:	99,00 kWp		
Cantidad total de módulos:	330		
Número de inversores fotovoltaicos:	6		
Potencia de CC (cos φ = 1) máx.:	20,44 kW		
Potencia activa máx. de CA (cos φ = 1):	20,00 kW		
Tensión de red:	230V (230V / 400V)		
Ratio de potencia nominal:	124 %		
Factor de desfase cos φ:	1		
			STP 20000TL-30
Datos de diseño fotovoltaicos			
Entrada A: Generador FV 1			
36 x Atersa A-300P GSE (12/2013), Acimut: -18 °, Inclinación: 6 °, Tipo de montaje: Techo			
Entrada B: Generador FV 1			
19 x Atersa A-300P GSE (12/2013), Acimut: -18 °, Inclinación: 6 °, Tipo de montaje: Techo			
Número de strings:	Entrada A:	Entrada B:	
Módulos fotovoltaicos por string:	2	1	
Potencia pico (de entrada):	18	19	
	10,80 kWp	5,70 kWp	
Tensión FV normal:	605 V	638 V	
Tensión mín.:	473 V	499 V	
Tensión de CC mín. (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	
Máx. tensión:	904 V	954 V	
Tensión de CC. máx.:	1000 V	1000 V	
Corriente máx. del generador:	16,7 A	8,3 A	
Corriente de CC máx.:	33 A	33 A	

Ilustración 1: Inversor resultante del cálculo de SUNNY DESING 3

<b>Ajustes del emplazamiento</b>
El emplazamiento está en Cantabria, Spain (SouthernEurope)
La altitud sobre el nivel del mar es de 80 m
La graduación de la irradiación es del 100 %
<b>Detalles del proyecto</b>
Nombre del proyecto: Instalación para autoconsumo La Pasiega de Peña Pelada
Cliente: Quesería La Pasiega de Peña Pelada
<b>Ajustes de temperatura</b>
La temperatura mínima es de -1 °C
La temperatura de diseño es de 18 °C
La temperatura máxima es de 32 °C
<b>Conexión a la red del inversor</b>
Baja tensión con una tensión de red de 230V (230V / 400V)
La tolerancia de tensión es de +/-10 %
Inyección trifásica
Se tiene en cuenta la carga desequilibrada máxima de 5,00 kVA
Factor de desfase $\cos \varphi$ es igual a la unidad.
Sin limitación de la potencia activa prefijada.
<b>Pérdidas de línea</b>
Las pérdidas de línea de CC se tienen en cuenta en la previsión de rendimiento.
Las pérdidas de línea de CA se tienen en cuenta en la previsión de rendimiento.
<b>Perfil de carga</b>
Tipo de perfil de carga industria comercial (laborables de 8 a 18)
Consumo de energía anual 109.340 kWh.
<b>Configuración de la planta</b>
Fabricante/módulo FV: Atersa A-300 GSE(12/13)
Número de módulos: 330 módulos
Orientación/tipo de montaje: azimuth -18,37°, inclinación $\phi = 5,72^\circ$ , sobre el tejado

Tabla 4: Valores requeridos para el cálculo del inversor

## 6 SECCIONES DEL CABLEADO

Se realiza el cálculo de protecciones dividiendo la instalación de dos zonas, una de D.C. partiendo de los módulos solares y hacia aguas abajo y otra de A.C. partiendo del inversor y hacia aguas abajo.

### 6.1 Requerimientos del cableado

Tal y como marca el PPCT-C-REV-julio el cableado vendrá determinado por:

- 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.

### 6.2 Cálculo de la sección

Para el cálculo de la sección en los tramos de corriente continua se utilizará la ecuación:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{cc}}{u \cdot \gamma} \quad (9)$$

Siendo:

- S es la sección teórica del conductor en mm<sup>2</sup>.
- L es la longitud del conductor en m.
- I<sub>cc</sub> es la corriente máxima que va a circular por los conductores y es la de cortocircuito de los paneles en A.
- u es la caída de tensión en V que como máximo podrán tener los conductores. Según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, la máxima caída de tensión permitida en conductores de D.C. es del 1,5%.
- γ es la conductividad del elemento que forma el conductor en m/Ω · mm<sup>2</sup>.

Para el cálculo de la sección en los tramos de corriente alterna se utilizará la ecuación:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{u \cdot \gamma} = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot u \cdot U_L} \quad (10)$$

Siendo:

- S es la sección teórica del conductor en  $\text{mm}^2$ .
- L es la longitud del conductor m.
- $U_L$  es la tensión de línea de la red V.
- P es la potencia máxima de transporte del cable W.
- u es la caída de tensión V que como máximo podrán tener los conductores. Según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, la máxima caída de tensión permitida en conductores de A.C. es del 2%.
- $\gamma$  es la conductividad del elemento que forma el conductor en  $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .

Se realiza el cálculo del cableado dividiendo la instalación de dos zonas, una de D.C. y otra de A.C. partiendo de los módulos solares y hacia aguas abajo.

### 6.3 Cableado de corriente continúa

Para los tramos de corriente continua se utilizarán conductores de tipo 0,6/1kV de cobre con aislamiento en PVC. El tipo de instalación será de conductores aislados en tubos o canales en montaje superficial o empotrados en obra según la definición del REBT en la norma ITC-BT-19.

La instalación de las canales protectoras donde irán alojados los conductores del circuito se llevará a cabo tal y como muestra la norma ITC-BT-21.

#### **De los módulos solares hasta la caja de conexión del string (Tramo 1)**

Se disponen de los siguientes datos:

- La longitud (L) del cableado desde el panel más alejado del string hasta su caja de conexión es igual a 22 m (ver plano N°).
- $I_{cc}$  la corriente de cortocircuito que corresponde a 8,72 A.
- La caída de tensión (u) debe de ser según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE del 1,5% en conductores de D.C.. En este tramo existirá una tensión igual a la tensión de punto de máxima potencia de cada panel ( $V_{mp}$ ) por el numero de paneles en serie que forman la rama B (19 paneles) luego la tensión en este tramo es de  $36,74 \cdot 19_{\text{paneles}} = 698,06 \text{ V}$ .
- La conductividad ( $\gamma$ ) del cobre es  $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{cc}}{u \cdot \gamma} \rightarrow \frac{2 \cdot 22 \cdot 8,72}{0,015 \cdot 698,06 \cdot 56} = 0,65 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

La sección normalizada inmediatamente superior a seleccionar es de 1,5 mm<sup>2</sup> (plano N°4)

En este caso solo realizamos el cálculo de sección para el cableado de uno de los seis grupos de conexión ya que todos ellos son idénticos.

**De la caja de conexión del string hasta la caja de protección del convertidor del string (Tramo 2)**

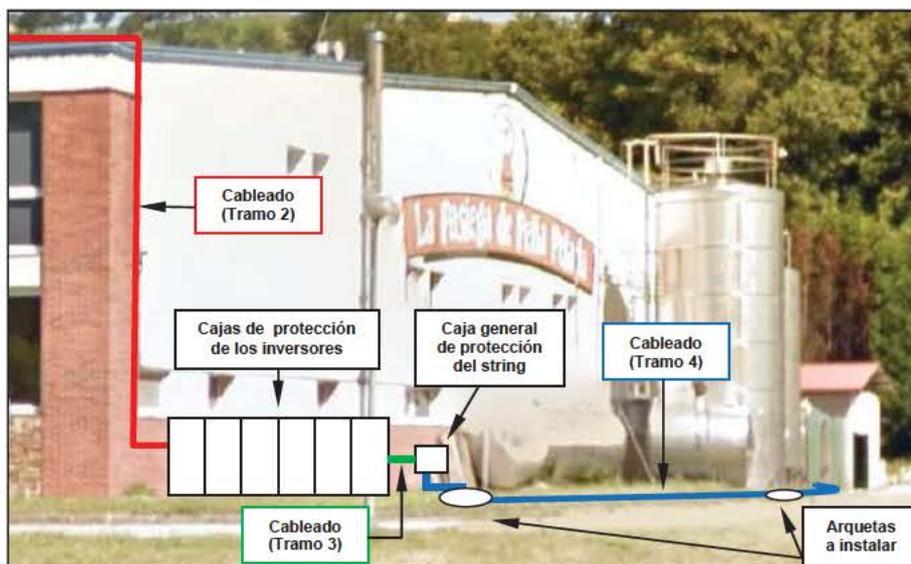


Ilustración 2: Canalización del cableado

Se disponen de los siguientes datos:

- La longitud (L) del cableado desde la caja de conexión del string más alejado hasta la caja de protección del convertidor es igual a 50 m (ver plano N°4).
- $I_{cc}$  la corriente de cortocircuito que corresponde a la suma de los ramales del string es igual a 26,16 A.
- La caída de tensión (u) debe de ser según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE del 1,5% en conductores de D.C. En este tramo existirá una tensión igual a la tensión de punto de máxima potencia de cada panel ( $V_{mp}$ ) por el numero de paneles en serie que forman la rama B (19 paneles) luego la tensión en este tramo es de  $36,74 \cdot 19_{\text{paneles}} = 698,06 \text{ V}$ .
- La conductividad ( $\gamma$ ) del cobre es  $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{cc}}{u \cdot \gamma} \rightarrow \frac{2 \cdot 50 \cdot 26,16}{0,015 \cdot 698,06 \cdot 56} = 4,5 \text{ mm}^2 \quad (12)$$

La sección normalizada inmediatamente superior a seleccionar es de 6 mm<sup>2</sup>.

Se tabulan a continuación las distintas secciones de cada string dado sus distintas longitudes de cableado hasta la caja de protección del inversor (plano N° 4).

N° de String	Longitud (m)	Conductividad (m/Ω · mm <sup>2</sup> )	u (V)	I <sub>cc</sub> (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Sección Normalizada(mm <sup>2</sup> )
1	50	56	10,5	26,16	4,5	6
2	43	56	10,5	26,16	3,8	4
3	36	56	10,5	26,16	3,2	4
4	29	56	10,5	26,16	2,6	4
5	22	56	10,5	26,16	2	2,5
6	15	56	10,5	26,16	1,3	1,5

Tabla 5: Secciones del cableado del Tramo 2

## 6.4 Cableado de corriente alterna

El Artículo 13. del RD 900/2015 de 9 de Octubre (Condiciones específicas para la conexión en redes interiores) especifica, principalmente, que la salida trifásica del inversor se conectará en el punto de la red interior de su titularidad más cercano a la caja general de protección, de tal forma que permita aislar simultáneamente ambas instalaciones del sistema eléctrico. En nuestro caso se desarrollan estas condiciones en los siguientes puntos.

### Del inversor, a la caja general de protección del string (Tramo 3)

Para este tramo de A.C. se utilizarán conductores de tipo 0,6/1kV de cobre con aislamiento en PVC. El tipo de instalación será de conductores aislados en tubos o canales en montaje superficial o empotrados en obra según la definición del REBT en la norma ITC-BT-19.

La instalación de las canales protectoras donde irán alojados los conductores del circuito se llevará a cabo tal y como muestra la norma ITC-BT-21.

Se disponen de los siguientes datos:

- La longitud (L) del cableado desde la salida del inversor más alejado hasta la caja general de protección del convertidor es igual a 2 m.
- La tensión de línea ( $U_L$ ) es de 400 V.
- La potencia (P) es la potencia máxima de transporte del cable en W, siendo este valor la potencia de salida del inversor. En este caso 20 kW
- La caída de tensión (u) debe de ser según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE del 2 % en conductores de A.C. En este tramo existirá una caída de tensión a la salida del inversor igual a la tensión de línea por un 2 % luego en este tramo tenemos  $u = 400 \cdot 0,02 = 8 \text{ V}$ .
- La conductividad ( $\gamma$ ) del cobre es  $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .

$$S = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot u \cdot U_L} \rightarrow \frac{2 \cdot 20.000}{56 \cdot 8 \cdot 400} = 0,22 \text{ mm}^2 \quad (13)$$

La sección normalizada inmediatamente superior a seleccionar es de  $1,5 \text{ mm}^2$  (plano N°4).

La corriente que circula desde el inversor hasta la salida del cuadro de baja tensión del centro de transformación (se demuestra en la ecuación N° 6) queda determinada por la potencia máxima del inversor que puede entregar a la red, y la tensión de la conexión, y siendo el factor de potencia igual a la unidad tal y como marca el Pliego de Condiciones de IDAE:

$$I_{A.C.} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} \quad (14)$$

$$I_{A.C.} = \frac{20.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 28,9 \text{ A} \quad (15)$$

El valor de corriente máxima admisible por cables tripolares de 0,6/1kV con sección de  $1,5 \text{ mm}^2$  enterrado con aislamiento en PVC según muestra la tabla 7.5 del ITC-BT-07 es de 13,5 A luego debemos seleccionar un cable que sea capaz de soportar la  $I_{A.C.}$ , por lo que seleccionamos un cable de  $6 \text{ mm}^2$  con 32 A de intensidad máxima admisible capaz de soportar la intensidad que circula a la salida del inversor.

En este caso solo realizamos el cálculo de sección para el cableado de uno de los seis grupos de conexión ya que todas las longitudes son prácticamente idénticas.

### **De la caja general de protección de los string, a la caja general de protección de la instalación eléctrica de la nave (Tramo 4)**

A partir de la caja general de protección del string, los conductores serán de tipo 0,6/1kV de cobre con aislamiento PVC, enterrados en canalización existente (ver plano N° 6), y el diseño se basará en la norma ITC-BT-07 para redes subterráneas para distribución en baja tensión.

Se disponen de los siguientes datos:

- La longitud (L) del cableado desde la caja de conexión del string hasta la caja de protección del convertidor es igual a 8 m.
- La tensión de línea ( $U_L$ ) es de 400 V.
- La potencia (P) es la potencia máxima de transporte del cable en W, siendo este valor la suma de potencia de salida de cada inversor. En este caso  $P = 20 \text{ kW} \cdot 6 = 120 \text{ kW}$
- La caída de tensión (u) debe de ser según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE del 2 % en conductores de A.C. En este tramo existirá una caída de tensión a la salida del inversor igual a la tensión de línea por un 2 % luego en este tramo tenemos  $u = 400 \cdot 0,02 = 8 \text{ V}$ .
- La conductividad ( $\gamma$ ) del cobre es  $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .

$$S = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot u \cdot U_L} \rightarrow \frac{85 \cdot 120.000}{56 \cdot 8 \cdot 400} = 57 \text{ mm}^2 \quad (16)$$

La sección normalizada inmediatamente superior a seleccionar es de  $70 \text{ mm}^2$ .

La corriente que circula desde el inversor hasta la salida del cuadro de baja tensión del centro de transformación queda determinada por la potencia máxima del inversor que puede entregar a la red, y la tensión de la conexión, y siendo el factor de potencia igual a la unidad tal y como marca el Pliego de Condiciones de IDAE:

$$I_{A.C.} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{120.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 173,21 \text{ A} \quad (17)$$

El valor de corriente máxima admisible por cables tripolares de 0,6/1kV con sección de 70 mm<sup>2</sup> enterrado con aislamiento en PVC según muestra la tabla 7.5 del ITC-BT-07 es de 220 A pero a este valor hay que aplicar unos coeficientes correctores según el punto 3.1.2.2 de la ITC-BT-07:

- El factor de temperatura del terreno (Ft) hay que tenerla en cuenta si es diferente de 25° C según la tabla 7.6 de la norma ITC-BT-07. En el aislamiento PVC, la temperatura de servicio es de 70° C, y la temperatura del terreno máxima anual en las proximidades de la zona afectada es de 22,6° C según el IDAE, el coeficiente que se aplicará a la corriente admisible por el conductor será, 1,025.
- El terreno tiene una resistividad térmica ( $\rho T$ ) de 1,40 K · m/W, por lo que para cables tripolares le corresponde un coeficiente de 0,89.
- Atendiendo al punto 3.1.2.2.3 de la ITC-BT-07, no existe calentamiento mutuo con otros cables al existir una distancia mínima a cualquier otro circuito de 1,5 m. La profundidad de la canalización existente (Pc) (1,2 m) supone una disminución en la capacidad de transporte. Obtenemos el coeficiente de la tabla 7.9. de la norma ITC-BT-07, la cual marca 0,95.

Con los datos de los puntos anteriores obtenemos las intensidades máximas permanentes admisibles para los cables de C.A. objeto del presente proyecto, por lo tanto:

$$I_{\max\_admisible} = 220 \cdot Pc \cdot \rho T \cdot Ft \quad (18)$$

$$I_{\max\_admisible} = 220 \cdot 0,95 \cdot 0,89 \cdot 1,025 = 192,8 \text{ A} \quad (19)$$

Luego el conductor de 70 mm<sup>2</sup>(plano N°4) enterrado con aislamiento en PVC cumple para la intensidad que circula a la salida de la caja de general de protección de los inversores.

## 7. PROTECCIONES

El Artículo 14. del RD 900/2015 de 9 de Octubre, atiende a las protecciones de las instalaciones indicando que se deben cumplir las siguientes premisas:

El Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, el Reglamento electrotécnico de baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, aprobado por Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, y el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero. Además de incluir los siguientes elementos:

1. Un elemento de corte general que proporcione un aislamiento requerido por el 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.
2. Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento a tierra.
3. Interruptor automático de la conexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación en caso de anomalía de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.
4. Protecciones de la conexión máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 48 Hz con una temporización máxima de 0,5 s y de mínima 3 s respectivamente) y máxima y mínima tensión entre fases (1,15 Un y 0,85 Un).

Ya que el inversor incorpora las protecciones de los párrafos 1, y 4, cumpliremos con la demás normativa. Debemos pues, atender a la ITC-BT-22 del RBT que indica que todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades, remitiéndose a la norma UNE 20460-4-43 para los aspectos requeridos de dispositivos de protección, los cuales son:

### **Protecciones contra sobrecargas deben cumplir las dos condiciones siguientes:**

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (20)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z \quad (21)$$

Siendo:

- $I_B$  es la corriente utilizada en el circuito
- $I_n$  es la intensidad nominal del dispositivo de protección
- $I_Z$  es la intensidad admisible del cable

- $I_2$  es la intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. Se toma igual a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos y a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles.

En la protección con magnetotérmicos normalizados se cumple siempre la segunda condición porque  $I_2 = 1,45 \cdot I_N$  (ya que es la intensidad convencional de disparo) no así con los fusibles tipo gG, que cumple que  $I_2 = 1,6 \cdot I_N$ .

Protecciones contra las corrientes de cortocircuito se deben cumplir a las dos condiciones siguientes:

1. Su poder de corte debe ser como mínimo igual a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto donde esté instalado, salvo en el caso admitido en el párrafo siguiente.
2. Se admite que un dispositivo que posea un poder de corte inferior, con la condición de que otra protección tenga el poder de corte instalado aguas arriba y ambos dispositivos estén coordinados de tal forma que la energía que deja pasar el dispositivo aguas arriba no sea superior a la energía que puede soportar sin daño el dispositivo aguas abajo.

Se realiza el cálculo de protecciones dividiendo la instalación de dos zonas, una de D.C. y otra de A.C. partiendo de los módulos solares y hacia aguas abajo.

## 7.1 Protecciones de corriente continua

Se reparten las protecciones de corriente continua en dos zonas:

### **De los módulos solares, hasta la caja de conexión del string (Tramo 1)**

Este tramo estará protegido contra sobre intensidades mediante fusibles en cada uno de los ramales de cada grupo de conexión del generador, teniendo cada ramal dos fusibles de iguales características uno para el conductor de polaridad negativa y otro para el de polaridad positiva.

Se seleccionan fusibles Tipo gG (fusibles de uso general). Son cartuchos limitadores de corriente que, bajo las condiciones especificadas, son capaces de cortar todas las corrientes que provoquen la fusión del elemento fusible hasta su poder de corte asignado ( $I_N$ ).

Valores de corriente siendo la sección del conductor de  $1,5 \text{ mm}^2$ :

$$I_B = I_{\text{string}} = 8,72 \text{ A} \quad (22)$$

$$I_Z = I_{\text{Max\_admissible}} = 13,5 \text{ A} \quad (23)$$

Cumpliendo con  $I_B \leq I_N \leq I_Z$  como mínimo la corriente nominal del fusible será:

$$8,17 \leq I_N \leq 13,5 \rightarrow I_N = 12 \text{ A} \quad (24)$$

La corriente convencional de fusión del fusible se comprueba para ver si la dimensión del fusible es la correcta o se debe buscar un valor mayor que cumpla  $I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$

$$I_2 = 1,6 \cdot I_N \rightarrow 1,6 \cdot 12 = 19,2 \text{ A} \quad (25)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z \rightarrow 1,45 \cdot 15 = 21,75 \text{ A, cumple la condición} \quad (26)$$

En este caso solo realizamos el cálculo para uno de los seis grupos de conexión ya que todos ellos son idénticos.

### **De la caja de conexión del string, a la caja de protección del inversor del string (Tramo 2)**

Protegemos este tramo mediante los siguientes elementos:

- Descargador de sobretensiones

El generador fotovoltaico al tener unas dimensiones considerables y estar fijado al techo de la nave industrial, puede ser propenso a recibir descargas atmosféricas que reduzcan la vida útil y su rendimiento, por lo que se requiere protección contra sobretensiones.

Seleccionamos un limitador en base a la zona geográfica de la instalación y la sensibilidad de la misma. Un limitador de clase II es recomendable para zonas rurales siendo este el caso que nos ocupa. Su conexión se realiza en modo común conectándose entre los conductores activos y tierra.

Se tiene en cuenta la tensión máxima de funcionamiento que puede producirse en el generador fotovoltaico, que es cuando los paneles trabajan en condiciones de circuito abierto y a una temperatura ambiente de  $-10^\circ \text{C}$ , esto produce una tensión igual a 954 V en la rama B de cada string, eligiendo por tanto un descargador con una tensión de régimen permanente superior a este valor.

Se ha elegido el descargador SOLARTEC PST31PV de tensión de régimen permanente máxima 1000VDC.

En este caso modelo de descargador es el mismo para los seis grupos de conexión ya que todos ellos son idénticos.

- Fusible

Se seleccionan fusibles Tipo gG (fusibles de uso general).

Los valores de corriente siendo la sección del conductor en la parte más alejada del generador (string N°1) es de 6 mm<sup>2</sup>:

$$I_B = I_{string} = 26,16 \text{ A} \tag{27}$$

$$I_Z = I_{Max\_admisible} = 36 \text{ A} \tag{28}$$

Cumpliendo con  $I_B \leq I_N \leq I_Z$  como mínimo la corriente nominal del fusible será:

$$26,16 \leq I_N \leq 36 \rightarrow I_N = 32 \text{ A} \tag{29}$$

La corriente convencional de fusión del fusible se comprueba para ver si la dimensión del fusible es la correcta o se debe buscar un valor mayor que cumpla  $I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$ :

$$I_2 = 1,6 \cdot I_N \rightarrow 1,6 \cdot 32 = 51,2 \text{ A} \tag{30}$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z \rightarrow 1,45 \cdot 36 = 52,2 \text{ A, cumple la condición} \tag{31}$$

Se tabulan a continuación las distintas secciones de D.C. de cada string dado sus distintas intensidades hasta la caja de protección del inversor.

Nº de String	$I_{string}$ (A)	$I_{Max\_admisible}$ (A)	$I_N$ (A)	$I_2$ (A)	$1,45 \cdot I_Z$ (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Sección necesaria(mm <sup>2</sup> )
1	26,16	36	32	51,2	52,2	6	6
2	26,16	27	25	40	39,15	4	4
3	26,16	27	25	40	39,15	4	4
4	26,16	27	25	40	39,15	4	4
5	26,16	21	20	32	30,45	2,5	4*
6	26,16	15	12	19,2	21,75	1,5	1,5

Tabla 6: Secciones e intensidades para las protecciones del Tramo 2

\* El string N° 5 requiere aumentar la sección a 4mm<sup>2</sup> e instalar un fusible de 25 A

- Interruptor-seccionador

Los interruptores-seccionadores de D.C. a instalar, tendrán la función de aislar zonas del generador para labores de mantenimiento de los módulos solares y reparación de incidencias.

Para su elección nos fijamos en la corriente que deben ser capaces de interrumpir al abrirse y la tensión máxima de funcionamiento. Estos parámetros vienen determinados por:

1. La corriente de cortocircuito del string, siendo esta de 33 A.
2. La tensión máxima es aquella que se produce en condiciones de circuito abierto y a una temperatura ambiente de  $-10^{\circ}\text{C}$ , siendo esta de 954 V.

Por lo tanto, seleccionamos un interruptor seccionador 800 - 1000V - 40A

En este caso modelo de interruptor-seccionador es el mismo para los seis grupos de conexión ya que todos ellos son idénticos.

## 7.2 Protecciones de corriente alterna

### Del inversor, a la caja general de protección de los string (Tramo 3).

A la salida de cada inversor dispondremos de protecciones de A.C. para proteger cada string y así también ofrecer selectividad para labores de mantenimiento o reparaciones.

- Interruptor magnetotérmico:

Dispondremos de magnetotérmicos a la salida de los inversores de los distintos strings para proteger la instalación contra cortocircuitos y sobrecargas, además de aislar zonas del generador para labores de mantenimiento de los módulos solares y reparación de incidencias.

Valores de corriente siendo la sección del conductor de  $6\text{ mm}^2$ :

$$I_B = I_{A.C.} = 28,9\text{ A} \quad (32)$$

$$I_Z = I_{\text{Max\_admisible}} = 52\text{ A} \quad (33)$$

$$28,9 \leq I_N \leq 52 \rightarrow I_N = 50\text{ A} \quad (34)$$

50 A es el valor normalizado en magnetotérmicos y más próximo a la corriente que circulara a la salida de cada inversor.

- Interruptor diferencial:

Dispondremos de interruptores diferenciales a la salida del inversor de los distintos strings para la protección a las personas contra descargas eléctricas.

Según la norma ITC-BT-25 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, los interruptores diferenciales deben poseer una intensidad diferencial-residual máxima de 30 mA para aplicaciones domésticas y 300mA para otras aplicaciones e intensidad asignada a la del interruptor general, en este caso el magnetotérmico correspondiente del tramo.

Luego debe cumplir con 50A y con sensibilidad de 300 mA.

#### **De la caja general de protección de los string, a la caja general de mando y protección de la instalación eléctrica de la nave (Tramo 4)**

- Interruptor general automático:

Dispondremos de un interruptor automático en la caja general de mando y protección para proteger toda la instalación contra cortocircuitos y sobrecalentamientos, además de poder aislar el generador para labores de mantenimiento de los módulos solares y reparación de incidencias.

Valores de corriente siendo la sección del conductor de 70 mm<sup>2</sup>:

$$I_B = I_{A.C.} = 173,21 \text{ A} \quad (35)$$

$$I_Z = I_{\text{Max\_admisible}} = 220 \text{ A} \quad (36)$$

$$173,21 \leq I_N \leq 220 \rightarrow I_N = 200 \text{ A} \quad (37)$$

200 A es el valor normalizado en magnetotérmicos y más próximo a la corriente que circulara a la salida de cada inversor.

- Interruptor diferencial:

Debe cumplir con 200 A y con sensibilidad de 300 mA.

## 8 PUESTA ATIERRA DE LAS INSTALACIONES

El Artículo 14. del RD 900/2015 de 9 de Octubre, atiende a las condiciones de puesta a tierra de las instalaciones indicando que se deben cumplir las siguientes premisas:

1. La puesta a tierra de las instalaciones interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.
2. La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones generadoras, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones de acuerdo con la reglamentación de seguridad y calidad industrial aplicable.
3. Las masas de la instalación de generación estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora y cumplirán con lo indicado en los reglamentos de seguridad y calidad industrial vigentes que sean de aplicación.

Atendiendo a estas especificaciones se aplica la ITC-BT-08 del REBT, seleccionando un esquema de tierras TN-S en el que el conductor de neutro y el de protección son distintos en toda la instalación.

Además, se aplica la ITC-BT-18 del REBT que establece que la resistencia a tierra debe cumplir que la tensión en las masas no supere los 50 V cuando se produzca un defecto de aislamiento que haga circular la tensión nominal hacia tierra. En el presente proyecto de aplican 24 V al tratarse de D.C.

### 8.1 Composición de la puesta a tierra

#### El terreno

Seguiremos la Tabla 14.4. del RBTE (Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno) seleccionando “Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos”, ya que es la descripción que mejor se adecua a nuestro caso, con una resistividad ( $\rho$ ) igual a  $50 \Omega \cdot m$ .

#### Conductores de protección

Se aplica la Tabla 18.2 para la selección de los distintos conductores de protección de nuestra instalación, los cuales se muestran en la tabla 7 del presente punto.

Tramo de la instalación	Sección mayor de los conductores de fase por tramo S (mm <sup>2</sup> )	Sección mínima de los conductores de protección Sp (mm <sup>2</sup> )
Tramo 1	1,5	S=Sp
Tramo 2	1,5	S=Sp
Tramo 3	6	S=Sp
Tramo 4	6	S=Sp

Tabla 7: Secciones para los conductores de protección

### Toma de tierra

Se selecciona como la toma de tierra una pica vertical de dos metros de longitud, para facilitar el cumplimiento de las condiciones del punto 11 de la ITC-BT-18 (Separación entre la toma de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación):

1. No exista canalización metálica conductora que una la zona de tierras del centro de transformación C.T. “Quesos Ruiz” (nº 2693) con la zona en donde se encuentren aparatos de utilización.
2. La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación C.T. “Quesos Ruiz” (nº 2693) y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en las zonas de utilización será de al menos 15 m dado que nuestro terreno tiene una resistividad menos de 100 Ω · m.

La resistencia de la pica viene dada por la siguiente expresión:

$$R = \frac{\rho}{L(m)} \tag{38}$$

$$R = \frac{\rho}{L} \rightarrow \frac{50}{2} = 25 \Omega \tag{39}$$

## 9 EQUIPOS DE MEDIDA

Según el RD 900/2015, de 9 de octubre, los requisitos generales de medida de la modalidad de autoconsumo (Art.11) deberán cumplir los siguientes puntos:

Real Decreto 110/2007 Reglamento unificado de puntos de medida.

Se instalarán en la red interior en el punto más próximo al de frontera y tendrán capacidad de medida horaria.

No se podrán instalar aparatos de consumos entre el generador y el contador.

### 9.1 Selección del equipo de medida

Se seleccionarán dos contadores bidireccionales de energía encargados de medir la energía producida por el sistema y de medir los consumos por parte de la instalación fotovoltaica.

Las características del equipo de medida serán tales que la intensidad correspondiente a la potencia nominal de a instalación fotovoltaica se encuentre entre el 50% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión de dicho equipo.

$$0,5 I_{\text{nominalprecisión}} < I_{\text{nominalFV}} < I_{\text{max.precisión}} \quad (40)$$

Los contadores utilizados estarán debidamente homologados y cumplirán con la normativa vigente para este tipo de dispositivos ITC-BT-16 y RD 19663/2000.

---

## 3. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

### 1 OBJETO Y JUSTIFICACIÓN

Durante la ejecución del presente proyecto no se prevé que se dé ninguno de los supuestos previstos en el artículo 4 del REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

El promotor no está obligado a que en la fase de redacción del presente proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud si no se cumplen ninguno alguno de los supuestos siguientes:

1. Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €).
2. Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
3. Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
4. Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Al no cumplir ninguna de las cuatro condiciones anteriores se debe realizar un estudio básico de seguridad y salud.

Se incluye a continuación un estudio básico de seguridad y salud de cada una de las actividades a realizar durante la construcción del proyecto.

## 2 DEFINICIONES

### 2.1 Jefe de los Trabajos

Es la persona, que presente en un trabajo, lo dirige por designación o delegación del Responsable en la Obra por parte del Contratista. En el caso de obras menores podrá coincidir con el Responsable en la Obra por parte del Contratista.

### 2.2 Zona Protegida

En una instalación en descargo, es la zona en la que los límites están definidos por las puestas a tierra y en cortocircuito, colocados entre los puntos de corte, sea en la proximidad de los mismos o no. No puede considerarse una zona de trabajo.

## 2.3 Zona de Trabajo

Es la zona definida y señalizada por el Jefe de los Trabajos de la Empresa Contratista y asignada por él al personal a su mando. Normalmente queda definida por las puestas a tierra de trabajo.

## 3 REUNIONES DE SEGURIDAD

Antes del inicio de los trabajos se habrá celebrado la reunión donde quedarán determinadas todas las cuestiones relacionadas con la prevención de accidentes.

El Jefe de los Trabajos está autorizado para verificar la creación de la Zona Protegida en la instalación, comprobando:

- Apertura con corte efectivo de todas las posibles fuentes de tensión.
- Bloqueo y señalización de los mandos de los aparatos de corte.
- Verificación de la ausencia de tensión.
- Colocación de puestas a tierra y en cortocircuito que delimiten la Zona Protegida.

Para la creación de la Zona de Trabajo, el Jefe de los Trabajos deberá realizar:

- Verificación de la ausencia de tensión en todas las partes conductoras que afecten a la Zona de Trabajo.
- Apantallamiento en caso de no cumplirse las distancias de seguridad.
- Puesta a tierra y en cortocircuito a ambos lados, de todas las fases que se entran en zona de trabajo, una vez comprobada la ausencia de tensión.
- Delimitación física y señalización de la zona teniendo en cuenta las distancias mínimas que deben mantenerse respecto a elementos en tensión, mediante la colocación de señales, pancartas, cintas delimitadoras, etc.

Se realizarán otras reuniones a lo largo de los trabajos, cuando se estime oportuno.

## 4 RIESGOS DE LOS TRABAJOS

Los trabajos y actividades auxiliares asociados al montaje y mantenimiento de la instalación fotovoltaica de autoconsumo presentan los siguientes riesgos:

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos.
- Choques y golpes.
- Atrapamientos.

- Cortes.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.

Además, se pueden presentar condiciones climatológicas desfavorables que aumenten los riesgos anteriormente relacionados por lo que este factor deberá tenerse en cuenta.

## 5 MEDIOS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

### 5.1 Trabajos sobrefachadas

- Desplazamientos en altura por la fachada:

Si son accesibles a los lugares de trabajo se utilizarán los siguientes medios necesarios:

- Camión grúa con cesta.
- Autoplataforma de elevación.
- En trabajos de corta duración y de alturas inferiores a 7m, se podrán utilizar escaleras de mano portátiles, y se respeten las normas de utilización de las mismas.
- Es obligatorio el uso de los siguientes equipos de protección individual:
  - Ropa y guantes de trabajo
  - Casco de seguridad
  - Botas de seguridad
  - Cinturón de seguridad con arnés y cuerda paracaídas

- Manipulación de herramientas y materiales:

El operario deberá operar como se indica a continuación:

- El movimiento de materiales y herramientas se realizará en bolsas destinadas a tal fin, a través de la cuerda y polea deservicio.
- Cuando se desplacen cargas, ningún trabajador permanecerá bajo las mismas.
- Los operarios que se encuentren trabajando a niveles inferiores, no permanecerán bajo un punto de trabajo superior.

- Trabajos de perforación y huecos en fachada:

En los trabajos de anclaje de la estructura soporte, el operario usará los siguientes equipos de protección individual:

- Guantes de cuero para protección de las manos.

- Pantalla facial y gafas para protegerse de la proyección de partículas.
- Protectores de manos para cinceles y punteros.

➤ Trabajos con herramientas eléctricas:

El operario deberá operar como se indica a continuación:

- Las herramientas eléctricas dispondrán de doble aislamiento, si éstas tienen carcasa metálica dispondrán de conexión de toma de tierra.
- Las mangueras de alimentación eléctrica serán de sección suficiente y su protección mecánica y eléctrica será buena.
- La toma de corriente se efectuará por medio de cuadro o caja con protección diferencial de alta sensibilidad (300 mA).

## 5.2 Trabajos en tejados y cubiertas

Cuando sea necesario trabajar en tejados y cubiertas se deberán aplicar los siguientes medios de prevención y protección:

- Es obligatorio analizar previamente el estado en que se encuentra el tejado, para ello se examinarán los siguientes elementos:
  - La estructura soporte del tejado o cubierta.
  - Tipo de techumbre instalada.
  - Inclinación o pendiente de la cubierta.

Nunca deberá trabajar un solo operario sobre el tejado. Al menos otro compañero estará presente en el lugar de trabajos para observar cualquier incidente que se pueda producir.

- Los operarios irán provistos de los siguientes equipos de protección individual:
  - Casco de seguridad.
  - Ropa de trabajo y guantes.
  - Botas de seguridad.
  - Cinturón de seguridad tipo paracaídas con dispositivo anti caída.
- No se realizarán trabajos sobre tejados, cuando las condiciones climáticas sean adversas.
- Se realizarán los caminos de circulación, de forma que sean visibles por todos los trabajadores que se desplazan por el tejado o cubierta.
- El desplazamiento en horizontal se realizará sobre las vigas de las cerchas y evitando el transporte de cargas a mano y acumular materiales sobre la cubierta.

### 5.3 Trabajos en líneas subterráneas.

Antes del comienzo de los trabajos es preciso conocer una serie de circunstancias que pueden incidir en la seguridad de los mismos:

- Características del terreno: talud natural, nivel freático, humedad, filtraciones.
- Proximidad de edificaciones y características de sus cimentaciones.
- Existencia de fuertes vibraciones (carreteras, fábricas, máquinas, etc.)
- Existencia y/o proximidad de instalaciones de servicios (agua, electricidad, gas, etc.).

### 5.4 Trabajos en zanjas

- Acopio, carga y descarga de materiales:

En el estrobado se revisará previamente el buen estado de los estrobos.

La estrobada se hará de forma que no se produzca el deslizamiento de la carga.

El personal que realice estas operaciones usará casco, calzado de seguridad y guantes.

Cuando la carga y descarga se realice por medios mecánicos se observarán las siguientes normas:

- Comprobar el buen funcionamiento de la grúa.
- Apoyar firmemente las patas de la grúa.
- Elevar de forma suave y continuada la carga.
- Ningún operario se situará en la vertical de la carga, ni en el radio de acción de la grúa.
- Los operarios usarán casco, guantes y botas de seguridad.
- En caso necesario se nombrará un responsable de la maniobra y encargado de las señales gestuales.

Cuando la carga y descarga se realice por medios manuales, se observarán las siguientes normas:

- Se efectuará el levantamiento de la carga realizando el esfuerzo con las piernas y la columna recta no doblándola.
- Ayudándose de otro/s compañero/s cuando la carga sea pesada o de gran volumen.
- En caso de efectuarlo entre varios, sólo habrá un responsable de la maniobra.
- Es obligatorio el uso de casco, guantes, botas de seguridad y faja anti lumbago.

## 5.5 Excavación

En los trabajos de excavación realizados manualmente se aplicarán las siguientes medidas preventivas:

- Los operarios ascenderán y/o descenderán a las zanjas, utilizando escaleras apropiadas cuando la altura de éstas así lo requiera.
- La escalera sobrepasará 1 m. el borde de la zanja
- Los operarios deberán mantener una distancia suficiente entre sí cuando hagan uso de los picos, palas, etc. recomendándose una separación mínima de 3,50 m.
- Al comenzar una nueva jornada y/o después de una interrupción prolongada de los trabajos, se revisará detalladamente el estado de la zanja.
- En las zanjas que así lo requieran por su profundidad se dotará a los operarios de arnés de seguridad y cuerda salvavidas, manteniéndose otro operario en el exterior para caso de auxilio.
- Los escombros y materiales se colocarán a una distancia de seguridad no inferior a 60 cm.
- Se realizará una excavación en escalón para evitar entibaciones
- Se extremarán las precauciones al trabajar al lado de instalaciones de servicios: gas, agua, eléctricas, etc.
- La zona de trabajo se mantendrá en las debidas condiciones de orden y limpieza para evitar posibles caídas, tropezones, etc.
- Es obligatorio el uso de casco, guantes, botas y en los casos que así lo requieran, gafas de seguridad, botas de agua y faja anti lumbago.

Si la excavación se realiza con máquinas excavadoras, las normas de seguridad a aplicar serán:

- Comprobar el buen estado de las máquinas, sistemas de seguridad, etc.
- Solo se utilizarán las máquinas excavadoras por los operarios que tengan la correspondiente autorización de la Empresa Contratista para su manejo.
- No situarse en el radio de acción de las máquinas.
- No se emplearán las palas para el transporte de personal, ni para el ascenso/descenso a las zanjas.
- Los materiales procedentes de la excavación y los que se vayan a utilizar, se ubicarán a una distancia no inferior a 60 cm. del borde de la zanja.

- Se extremarán las precauciones al trabajar al lado de instalaciones de servicios: gas, agua, electricidad, etc.
- Se mantendrá la zona de trabajo en las mejores condiciones de orden y limpieza para evitar caídas, tropezones, etc.
- Es obligatorio el uso de casco, guantes, botas y en los casos que lo requieran gafas de seguridad y faja anti lumbago.

## 5.6 Hormigonado

El hormigonado de las zanjas se hará aplicando las siguientes medidas preventivas:

- Un solo operario será el responsable de dirigir las maniobras del camión hormigonera
- Se mantendrán siempre las distancias de seguridad y se colocarán los topes para evitar que el camión hormigonera pueda invadir el borde de la zanja
- Es obligatorio el uso de gafas de seguridad para protegerse de las salpicaduras del hormigón.
- Es obligatorio el uso de casco, guantes y botas de goma.

## 5.7 Señalización

Los trabajos en líneas subterráneas de alta tensión y baja tensión que requieran una excavación se señalizarán como se indica a continuación:

- Se señalizará y protegerá la zanja mediante vallas, cintas delimitadoras, etc. en toda su extensión.
- Se colocarán los pasos con sus correspondientes vallas laterales en las zonas de tránsito peatonal: salidas de portales, locales comerciales, etc.
- Cuando así se requiera, se colocarán las debidas señales de tráfico como aviso a los conductores.
- Por la noche deberá señalizarse la zona de trabajo con luces ámbar intermitentes, separadas entre sí no más de 10m.

# 6 TENDIDO DE CABLE SUBTERRÁNEO

## 6.1 Comprobación, pelado y embornado de cables

En la comprobación de los cables a conectarse, además de su identificación se comprobará el perfecto funcionamiento de los sistemas de comprobación de ausencia de tensión.

Se comprobará el buen estado de la herramienta y finalmente se comprobará ausencia de tensión en los cables.

Para el pelado del cable se usará siempre la herramienta adecuada para este tipo de trabajos (pelacables, alicata de corte, pela mangueras, etc.).

No colocar las manos delante del trayecto del pelacables.

En la conexión de los cables se deberá comprobar ausencias de tensión en el lugar indicado para trabajar.

Cuando esta actividad requiera realizar trabajos en lugares próximos en tensión, por ejemplo, por estar probando algunos equipos, se les indicará a los operarios y se les dotará de todos los materiales necesarios para efectuar dicho trabajo, (herramientas plastificadas, guantes para trabajar en tensión, alfombrillas, equipos de tierras, etc.).

Comprobar el buen estado de la herramienta para realizar el trabajo.

En estos trabajos los operarios deberán llevar casco, calzado de seguridad y guantes.

## **7 TRABAJOS EN PROXIMIDADES DE ELEMENTOS CON TENSIÓN EN ALTA Y BAJA TENSIÓN.**

Cuando sea preciso trabajar sobre o cerca de elementos en tensión en B.T., además de ser realizado por personal formado en este tipo de trabajos, se adoptarán las medidas de aislamiento adecuadas (pantallas aislantes, capuchones. etc.), así como ser realizados por operarios provistos con guantes aislantes y alfombrillas o banquetas aislantes.

## **8 MATERIAL DE SEGURIDAD**

### **8.1 Para actividad de Obra Civil**

Se dispondrá del siguiente material:

- De protección individual:
  - Cascos.
  - Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada –Botas de agua.
  - Guantes de trabajo.
  - Cinturones de sujeción.
  - Trajes impermeables.
  - Gafas anti impactos.
  - Mascarilla respiratoria.

- Protección auditiva.
- De protección colectiva:
  - Malla perforada de delimitación.
  - Señales de obligación e informativas.
  - Botiquín primeros auxilios.
  - Tablero o camilla evacuación de accidentados.
  - Extintores.

## 8.2 Para trabajos de montajes mecánicos y eléctricos

- Equipos de protección individual:

La empresa dispondrá en obra del siguiente material:

- Cascos de seguridad aislantes.
- Calzado de seguridad con puntera reforzada.
- Cinturones anticaídas.
- Trajes impermeables.
- Gafas anti impactos.
- Pantallas de protección facial.
- Pantallas y gafas para soldadura.
- Mandil, polainas y guantes soldadura.
- Equipos de protección colectiva:
  - Mallas perforadas de delimitación.
  - Señales de obligación e informativas.
  - Señales o adhesivos de prohibido maniobrar.
  - Banquetas y alfombrillas aislantes.
  - Tela vinílica aislante.
  - Guantes aislantes para baja y alta tensión.
  - Herramienta aislada.
  - Pértigas.
  - Verificadores de tensión.
  - Equipos de protección en alta tensión.
  - Botiquín primeros auxilios.
  - Tablero o camilla evacuación accidentados.
  - Extintores.

# 4. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

## 1 MÓDULO FOTOVOLTAICO



### A-xxxP GSE (xxx = potencia nominal)

#### Características eléctricas

	280 W	285 W	290 W	295 W	300 W	305 W	310 W
Potencia Máxima (P <sub>max</sub> )	280 W	285 W	290 W	295 W	300 W	305 W	310 W
Tensión Máxima Potencia (V <sub>mp</sub> )	35.59 V	35.83 V	36.07 V	36.38 V	36.74 V	37.06 V	37.32 V
Corriente Máxima Potencia (I <sub>mp</sub> )	7.88 A	7.96 A	8.04 A	8.11 A	8.17 A	8.24 A	8.31 A
Tensión de Circuito Abierto (V <sub>oc</sub> )	44.12 V	44.35 V	44.53 V	44.76 V	45.09 V	45.40 V	45.72 V
Corriente en Cortocircuito (I <sub>sc</sub> )	8.41 A	8.48 A	8.57 A	8.65 A	8.72 A	8.80 A	8.87 A
Eficiencia del Módulo (%)	14.39	14.65	14.91	15.17	15.42	15.68	15.94
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5						
Máxima Serie de Fusibles (A)	15						
Máxima Tensión del Sistema	DC 1000 V (IEC) / DC 600 V (UL)						
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	46±2						

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test (Standard (STC), definidas como: irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C. Tolerancias medio STC: ±3% (P<sub>mp</sub>); ±10% (I<sub>sc</sub>, V<sub>oc</sub>, I<sub>mp</sub>, V<sub>mp</sub>).

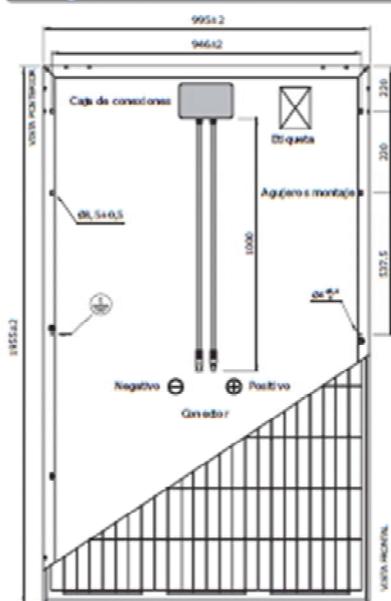
#### Especificaciones mecánicas

Dimensiones (A 2.0 mm.)	1955x995x50 mm.
Peso	23.5 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa

#### Materiales de construcción

Cubierta frontal (material/tipo/espesor)	Cristal templado/grado PV/3.2 mm.
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	72 células (6x12)/Polocristalina/156 x 156 mm.
Marco (material/color)	Alceón de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP65/3 diodos
Cable (longitud/sección) / Conector	1000 mm / 4 mm <sup>2</sup> / Compatible MC4

#### Vista genérica construcción módulo



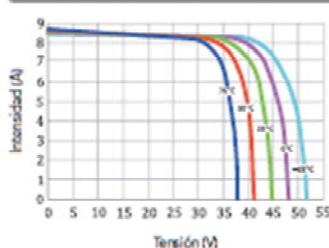
#### Características de temperatura

Coef. Temp. de I <sub>sc</sub> (TK I <sub>sc</sub> )	0.07% / °C
Coef. Temp. de V <sub>oc</sub> (TK V <sub>oc</sub> )	-0.30% / °C
Coef. Temp. de P <sub>max</sub> (TK P <sub>max</sub> )	-0.38% / °C
Temperatura de Funcionamiento	-40 a +85 °C

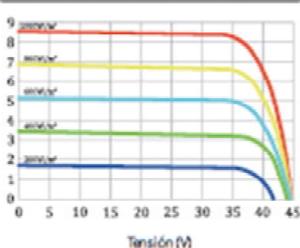
#### Embalaje

Módulos/país	20 pzas
País/contenedor 40'	22 pzas
Módulos/contenedor 40' 440 pzas	

#### Temperatura Varía (A-290P GSE)



#### Irradiación Varía (A-290P GSE)



NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

[www.atera.com](http://www.atera.com) • [atera@elecnor.com](mailto:atera@elecnor.com)  
 Madrid (España) +34 915 178 452 • Valencia (España) +34 961 038 430

Revisión: 23/10/14  
 Ref.: MU-6P 6x12-GSE-C  
 © Ateras SL, 2014



## 2 ESTRUCTURA-PANELES-SOLARES-KH915

# SUNFER ENERGY STRUCTURES

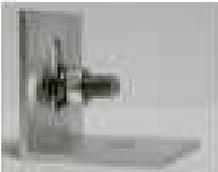
## Instalación integrada para cubiertas metálicas

**Integrada 1 columna**

Artículo nº KH915

Soporte diseñado con capacidad para 1 columna de MPV en horizontal con la misma inclinación que la cubierta existente. (También se puede instalar en 1 fila de MPV en vertical).

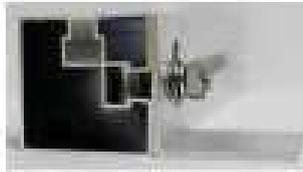
Artículo	Capacidad	Tamaño de módulo	Materiales
KH915 (1x4)	4 Módulos Fotovoltaicos Disponibles de 1 a 20 módulos	1650x1000(35,40,45,50) 2000x1000(35,40,45,50)	Aluminio EN AW 6005A T6 Tornillería Acero Inoxidable



Ángulo fijación a cubiertas metálicas



Guía módulos



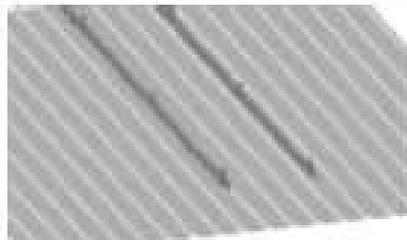
Detalle ángulo fijación



Sistema con perfil de unión de guías



Detalle presur lateral e intermedio

**Montaje:**  
Estructura atornillada, regulable.



Este soporte está disponible en dos versiones:  
 KH915 Estándar: Altura libre del módulo 60 mm.  
 KH915 Elevado: Altura libre del módulo 130 mm.

**Condiciones de diseño:**  
 UNE-EN 1991-1-3:2004 Cargas de nieve: 200 N/m<sup>2</sup>  
 UNE-EN 1991-1-4:2007 Cargas de viento: V<sub>0</sub>: 29 m/s  
 Consultar la normativa vigente en el punto de instalación.

**Nota:**  
 Puntualmente, se tiene que comprobar que la fijación de la chapa a la subestructura y que la capacidad de soporte mínima de la chapa son suficientes. Especialmente, en el caso de elementos sandwich, debido a su escasa capacidad de soporte, por norma general, no se puede realizar la fijación directa a la chapa de cubierta. El grosor mínimo de la chapa inspeccionada de acero es, por norma general, de 0,8 mm.  
 Se recomienda atornillar el soporte a la subestructura del tejado.

### 3 INVERSOR STP 2000TL-30

#### Curva de rendimiento

STP 25000TL-30

Coefficiente de rendimiento [%]

Potencia de salida / Potencia asignada

Est. [U<sub>in</sub> = 390 V]  
 Est. [U<sub>in</sub> = 600 V]  
 Est. [U<sub>in</sub> = 800 V]

U<sub>out</sub> [V]

#### Accesorios

- Interfaz RS-485 DM-48 SCB-10
- Descargador de sobretensión de CC tipo I, entradas A y B DCSD NT3-10
- Relé multifunción MFR01-10
- Power Control Module PNCVCG-10

De serie    Opcional    No disponible  
 Datos en condiciones nominales  
 Actualizado enero de 2016

Datos técnicos	Sunny Tripower 20000TL	Sunny Tripower 25000TL
<b>Entrada (CC)</b>		
Potencia máxima de CC (con cos φ = 1)/potencia asignada de CC	20440 W/20440 W	25550 W/25550 W
Tensión de entrada máx.	1000 V	1000 V
Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada	320 V a 800 V/600 V	390 V a 800 V/600 V
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V	150 V/188 V
Corriente máx. de entrada, entradas A/B	33 A/33 A	33 A/33 A
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP	2/A;3; B:3	2/A;3; B:3
<b>Salida (CA)</b>		
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	20000 W	25000 W
Potencia máx. aparente de CA	20000 VA	25000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V	180 V a 280 V
Rango de tensión de CA	180 V a 280 V	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 65 Hz 50 Hz/230 V
Frecuencia de red de CA/rango	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 65 Hz 50 Hz/230 V	
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red		
Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida	29 A/29 A	36,2 A/36,2 A
Factor de potencia a potencia asignada/factor de desfase ajustable		1,0 inductivo a 0 capacitivo
THD		≤ 3%
Fases de inyección/conexión		3/3
<b>Rendimiento</b>		
Rendimiento máx./europeo	98,4%/98,0%	98,3%/98,1%
<b>Dispositivos de protección</b>		
Punto de desconexión en el lado de entrada		●
Monitorización de toma a tierra/de red		● / ●
Descargador de sobretensión de CC; DPS tipo II		○
Protección contra polarización inversa de CC/resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica		● / ● / -
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal		●
Clase de protección (según IEC 62109-1)/categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)		I / AC II; DC: II
<b>Datos generales</b>		
Dimensiones (anchura/alto/fondo)	661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 in)	
Peso	61 kg (134,48 lb)	
Rango de temperatura de servicio	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)	
Emisión sonora, típica	51 dB(A)	
Autoconsumo nocturno	1 W	
Topología/principio de refrigeración	Sin transformador/OptiCool	
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65	
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4KAH	
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100%	
Equipamiento / función / accesorios		
Conexión de CC/CA		SUNCBX/Borne de conexión por resorte
Panel		○
Interfaz: RS-485, Speedlink/Webconnect		○ / ●
Interfaz de datos: SMA Modbus / Sun Spec Modbus		● / ●
Relé multifunción/Power Control Module		○ / ○
OptiTrack Global Peak/Integrated Plant Control/On Demand 24/7		● / ● / ●
Compatible con redes aisladas/con SMA Full Save Controller		● / ●
Garantía: 5/10/15/20/25 años		● / ○ / ○ / ○ / ○
Certificados y autorizaciones (otras a petición)		
* No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438		
	ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11/2012, CE, CB 0-16, CEI 02 I, EN 50438*, G59/3, IEC 60088-2, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62114, MEA 2013, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 097-2:1, PEA 2013, RPE, RD 1699/413, RD 661/2007, Rn, n°7/2013, S4777, UTE C15712-1, VDE 01261-1, VDE ARN 4105, VFR 2014	
Modelo comercial	STP 20000TL-30	STP 25000TL-30

## 4 CÁLCULOS DEL SUNNY DESING 3

Vista general del sistema			
<b>330 x Áterea A-300P GSE (12/2013) (Generador FV 1)</b>			
Admut: -18 °, Inclinación: 6 °, Tipo de montaje: Techo, Potencia pico: 99,00 kWp			
 <b>6 x STP 20000TL-30</b>			
Datos de diseño fotovoltaicos			
Cantidad total de módulos:	330	Coefficiente de rendimiento (aproximado)*:	87,6 %
Potencia pico:	99,00 kWp	Rendimiento energético especial (aproximado)*:	1142 kWh/kWp
Número de inversores fotovoltaicos:	6	Pérdidas de línea (% de la energía):	—
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	120,00 kW	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Potencia activa de CA:	120,00 kW	Consumo de energía anual:	100,34 MWh
Relación de la potencia activa:	121,2 %	Autoconsumo:	48,023,19 kWh
Rendimiento energético anual (aproximado)*:	113,10 MWh	Costa de autoconsumo:	42,3 %
Factor de aprovechamiento de energía:	100 %	Costa autárquica (en % del consumo de energía):	43,9 %

Temperatura mínima: -10 °C  
 Temperatura de diseño: 18 °C  
 Temperatura máxima: 50 °C

### Subproyecto 1

#### 6 x STP 20000TL-30 (Parte de la planta 1)

Potencia pico:	99,00 kWp
Cantidad total de módulos:	330
Número de inversores fotovoltaicos:	6
Potencia de CC (con $\phi = 1$ ) máx.:	20,44 kW
Potencia activa máx. de CA (con $\phi = 1$ ):	20,00 kW
Tensión de red:	230V (230V / 400V)
Ratio de potencia nominal:	124 % 
Factor de diseño con $\phi$ :	1



STP 20000TL-30

#### Datos de diseño fotovoltaicos

##### Entrada A: Generador FV 1

30 x Áterea A-300P GSE (12/2013), Admut: -18 °, Inclinación: 6 °, Tipo de montaje: Techo

##### Entrada B: Generador FV 1

19 x Áterea A-300P GSE (12/2013), Admut: -18 °, Inclinación: 6 °, Tipo de montaje: Techo

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	2	1	
Módulos fotovoltaicos por string:	15	19	
Potencia pico (por entrada):	10,00 kWp	5,70 kWp	
Tensión FV nominal:	 605 V	 638 V	
Tensión mín.:	473 V	499 V	
Tensión de CC máx. (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	
Máx. tensión:	 904 V	 954 V	
Tensión de CC máx.:	1000 V	1000 V	
Corriente máx. del generador:	 16,7 A	 6,3 A	
Corriente de CC máx.:	33 A	33 A	

## 5 CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA RÚSTICA



**REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE**  
39064A001000690000UF

**DATOS DEL INMUEBLE**

LOCALIZACIÓN:  
BO CAVADA-SIERRA HERMOSA 16[A] Polígono 1 Parcela 69  
LA PRADERA. 39720 RIOTUERTO [CANTABRIA]

PRO LOCAL PRINCIPAL: Agrario [Prados o praderas 01]      AÑO CONSTRUCCIÓN: --

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN: 100,000000      SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): --

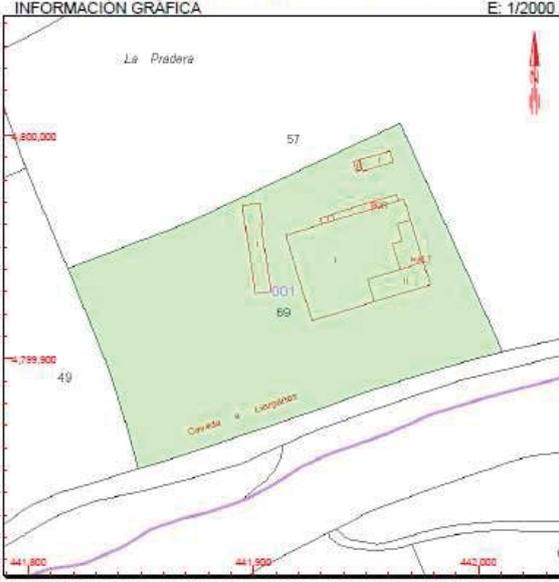
**DATOS DE LA FINCA A LA QUE PERTENECE EL INMUEBLE**

SITUACIÓN:  
BO CAVADA-SIERRA HERMOSA 16[A] Polígono 1 Parcela 69  
LA PRADERA. RIOTUERTO [CANTABRIA]

SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): 3.083      SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA (m²): 16.676      TIPO DE FINCA: Parcela construida sin división horizontal

**CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA RÚSTICA**  
Municipio de RIOTUERTO Provincia de CANTABRIA

INFORMACIÓN GRÁFICA E: 1/2000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

Viernes, 15 de Julio de 2016

## 6 CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA URBANA.



### CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA URBANA

Municipio de RIOTUERTO Provincia de CANTABRIA

**REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE**  
39064A001000690001IG

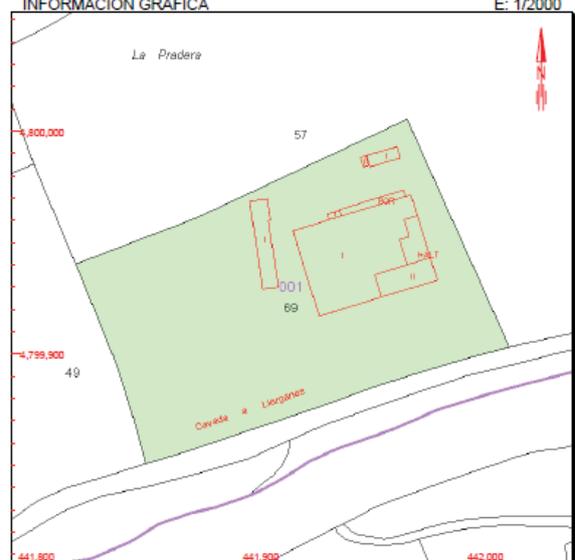
**DATOS DEL INMUEBLE**

**LOCALIZACIÓN**  
 BO CAVADA-SIERRA HERMOSA 16[A] Pt:00 Pt:01 Polígono 1 Parcela 69  
 LA PRADERA. 39720 RIOTUERTO [CANTABRIA]

**USO LOCAL PRINCIPAL** Industrial      **AÑO CONSTRUCCIÓN** 1997

**COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN** 100,000000      **SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²)** 3.083

**INFORMACIÓN GRÁFICA** E: 1/2000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

442,000 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89      Viernes , 15 de Julio de 2016

- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Construcciones
- Mobiliario y aceros
- Límite zona verde
- Hidrografía

**DATOS DE LA FINCA A LA QUE PERTENECE EL INMUEBLE**

**SITUACIÓN**  
 BO CAVADA-SIERRA HERMOSA 16[A] Polígono 1 Parcela 69  
 LA PRADERA. RIOTUERTO [CANTABRIA]

**SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²)** 3.083      **SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA (m²)** 16.676      **TIPO DE FINCA** Parcela construida sin división horizontal

**ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Uso	Escalera	Planta	Puerta	Superficie m²
INDUSTRIAL	00	00	01	2.245
ALMACEN	00	00	02	74
INDUSTRIAL	00	00	03	12
OFICINA	AL	01	01	49
ALMACEN	AL	02	02	126
OFICINA	01	01	01	274
APARCAMIENTO	00	00	04	288
ALMACEN	00	00	05	15

## 5. ESTUDIO ECONÓMICO

### 1 CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

Se realiza a continuación un estudio económico del funcionamiento de la instalación durante la garantía de 25 años de los paneles sobre su entrega de potencia y rendimiento. Sin embargo, la vida útil de los paneles es mayor de 25 años (pueden llegar a los 40 años), por lo que es un estudio económico es a la baja respecto a nuestra viabilidad.

Las principales características de este tipo de instalación son:

- Rentabilidad baja.
- Poca liquidez, dado que es complicado disponer del dinero invertido.
- Riesgo alto, dado que a la fecha actual no se incentiva de ninguna manera la producción de energía por recurso solar.

### 2 INGRESOS Y GASTOS

#### 2.1 Ingresos

Los ingresos anuales previstos, vienen calculados a partir de la previsión de energía generada anualmente. Según lo calculado en el estudio energético de la instalación (Anexo 2 Cálculos: 4 Cálculo de la Producción Anual Esperada, Tabla 3) la planta producirá 109,340 kWh/año.

Los ingresos vendrán determinados solo del ahorro del término de energía, ya que al ser una instalación Tipo 1 no se permite la inyección de energía a la red con remuneración económica según el R.D. 900/2015 del 15 de octubre. Un estudio de la factura eléctrica del año 2015 de la empresa contratista (Anexo 2 Cálculos: 1 Cálculo de la Demanda anual Eléctrica, Tabla 1 y Tabla 2) revela que como media para una producción anual de 260,398 kWh/año el coste económico asciende a 19.904,97 € solo en lo referido al término de energía que es de donde se puede ahorrar. Por lo tanto, para la cantidad de energía que es capaz de producir la instalación fotovoltaica tendremos un ahorro anual de:

$$\begin{array}{l} 260,398 \text{ kWh/año} \rightarrow 19.904,97\text{€} \\ 109,340 \text{ kWh/año} \rightarrow x \end{array} \quad (41)$$

$$x = \frac{109,340 \cdot 19.904,97}{260,398} = \frac{8.358\text{€}}{\text{año}} \text{ de ahorro} \quad (42)$$

Sumando los costes del IVA, finalmente tenemos un ahorro anual de:

$$\frac{\text{€ahorro}}{\text{año}} = 8.358 + (8.358 \cdot 0.21) = 10.113,18 \quad (43)$$

## 2.2 Gastos de explotación

Básicamente tenemos en cuenta los costes de operación ( $C_o$ ), son aquellos que tendrá la planta fotovoltaica una vez finalizada (costes de mantenimiento, servicios, consumo propio, etc). En el año 2009, según el IDAE, este coste era de 6 €/kWh, por lo que es de suponer que actualmente serán menores debido a los avances tecnológicos en eficiencia energética, por lo que asignaremos unos  $C_o$  de 4,2 €/kWh

$$C_o = 109,340 \cdot 3,2 = 459,23 \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (44)$$

## 3 RENTABILIDAD DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

Para el cálculo de la rentabilidad económica utilizamos el método del VAE. Consiste en calcular el rendimiento anual uniforme que genera la inversión en un proyecto durante un período determinado. Para calcular el VAE utilizamos la siguiente formula:

$$\text{Coste Equivalente anual de la inversión} = \frac{\text{Inversión}}{\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}} \quad (45)$$

Siendo:

- $r = 10\%$  (0,1)
- $n = 25$  años

Aplicando la fórmula 1 para nuestro proyecto:

$$CEAI = \frac{263.657,2 \cdot 0.1 \cdot 1,1^{25}}{1,1^{25} - 1} = 29.046,6 \text{ €} \quad (46)$$

A este valor le sumamos el coste anual de mantenimiento:

$$\text{Coste total} = CEAI + C_o = 29.505,83 \text{ €/anuales} \quad (47)$$

Comparando este valor con el coste anual de consumo que es de 19.904,97€ se puede ver que los gastos son mayores que los ingresos, e incluso esta diferencia es todavía mayor con el ahorro que la instalación puede producir.

Este cálculo pone de manifiesto que actualmente sin ningún tipo de subvención o normas que regulen un balance neto remunerado o compensatorio, una instalación de tipo 1 no es rentable según los costes económicos obtenidos en el presente proyecto. Se describen a continuación una serie de medidas que ya utilizan países de UE para incentivar el autoconsumo.

Generar incentivos económicos o de otro tipo para facilitar que los consumidores se introduzcan en el sector eléctrico ahorrando, emprendiendo medidas de gestión de la demanda o autoproduciendo su energía. En Alemania, la energía vertida a la red eléctrica por una instalación de autoconsumo obtiene una prima si viene de una instalación inferior a 100 kWp.

Promover el almacenamiento descentralizado de energías renovables. El almacenamiento de energía descentralizado es clave para activar medidas de gestión de la demanda y aumentar la capacidad de autosuficiencia gracias al autoconsumo. El Gobierno alemán concede la devolución de impuestos hasta un 30% por la adquisición de una batería para autoconsumo y préstamos a tipo de interés bajo para su compra.

Sin impuestos ni cargos discriminatorios sobre la energía autoconsumida. En Italia las instalaciones inferiores a 20 kW no pagan ningún tipo de cargo o impuesto. En Portugal están exentas hasta que el autoconsumo alcance el 3% de la potencia total instalada en el país. En Alemania pagan cargos, pero reciben una prima mayor a los mismos.

Percibir al menos el precio de mercado por la electricidad vertida a la red. En Europa normalmente las instalaciones pueden compensar en balance neto la energía vertida y la adquirida de la red y además vender a la red sus excedentes al precio de compra. Inclusive hay casos en los que se paga una prima para la electricidad vertida a la red, como en el caso de Alemania, Croacia o Dinamarca.

En caso de aplicar cambios de retribución o de cualquier otro aspecto regulatorio no serán retroactivos para garantizar las inversiones en autoconsumo; asegurar condiciones económicas predecibles y evitar la inseguridad jurídica. Países como Portugal, Alemania e Italia ya contemplan en sus regulaciones elementos que los garanticen. El Real Decreto ilegaliza a posteriori todas las instalaciones existentes que no quedan recogidas en su texto. Del mismo modo, propone un marco económico transitorio de 4 años sin dar ningún tipo de indicación sobre qué pasará después.

No limitar las ayudas o facilidades dedicadas al autoconsumo con renovables con respecto a la potencia instalada. El Real Decreto no solo no incluye ayudas o facilidades, sino que

penaliza el autoconsumo y además limita la potencia a 100 kWp ilegalizando aplicaciones que, por ejemplo, en Alemania, se consideran casos modelo.

Un autoconsumo que llegue a todos los ciudadanos con independencia de su poder adquisitivo. Para ello se deberán poner en marcha instrumentos de financiación y administrativos (y un modelo de seguridad jurídica robusto) que posibiliten el acceso al autoconsumo por parte de todos los consumidores. Al mismo tiempo hay que establecer procesos de notificación más que autorización para la conexión de pequeños sistemas de autoconsumo (por lo menos hasta los 15 kW). Al contrario, el Real Decreto de autoconsumo, impone un régimen económico y administrativo paralizante, igual que para las grandes instalaciones.

Garantizar un marco estable para la agregación de la demanda y para el autoconsumo compartido, como unión de varios generadores/consumidores, bien sea en comunidades, en polígonos industriales u otras opciones. Los agregadores podrán facilitar la participación de los consumidores en el mercado mayorista. El Real Decreto de Autoconsumo tan sólo considera que el productor y el consumidor de una instalación de autoconsumo tienen que ser la misma persona eliminando todas las demás posibilidades de participación ciudadana en el sector energético.

---

## 6 ESTUDIO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

### 1 VENTAJAS AMBIENTALES

- No hay ningún tipo de transferencia de contaminación entre medios y no genera ningún tipo de residuo con su funcionamiento.
- La instalación supone un ahorro de energía utilizando recurso renovable, implicando un ahorro en emisiones contaminantes tal y como se demostró en el presente documento (capítulo 9 Amortización Ambiental).
- Puede incluirse como objetivo en los indicadores de un Sistema de calidad Ambiental (SGA) o una Agenda Local 21.
- Fomenta la economía local, genera puestos de trabajo.
- Aumenta la independencia energética tanto de la fábrica como del país.
- Contribuye a cumplir con los compromisos en materia medioambiental, energética y de reducción de emisiones incluidos en el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013-2020, cuyo objetivo principal es sentar las bases para dar cumplimiento a los compromisos en materia de cambio climático y energía asumidos por el Consejo Europeo en 2007:

1. Reducir las emisiones totales de gases de efecto invernadero en 2020, al menos en un 20%, respecto de los niveles de 1990, y en un 30% si otros países desarrollados se comprometen a reducciones de emisiones equivalentes y los países en desarrollo contribuyen adecuadamente en función de sus posibilidades.
2. Alcanzar el objetivo del 20% de consumo de energías renovables en 2020.
3. Los elementos principales de este Paquete son:
4. Revisión de la Directiva 2003/87/CE de Comercio Europeo de Derechos de Emisión, para perfeccionar y ampliar el régimen comunitario de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero: Se establece como objetivo para 2020 que los conjuntos de sectores afectados por el comercio de derechos de emisión reduzcan sus emisiones un 21% respecto a los niveles de 2005.
5. Decisión de Reparto de Esfuerzos en sectores no cubiertos por la Directiva de Comercio Europeo de Derechos de Emisión: Se fija un objetivo global de reducción del 10% en 2020 respecto a 2005, y se establecen objetivos nacionales de limitación o reducción de las emisiones no incluidas en el

comercio de derechos de emisión (sectores difusos). A España le corresponde un objetivo de reducción del 10% en 2020 respecto a 2005.

6. Directiva de almacenamiento geológico de dióxido de carbono: Esta Directiva regula el almacenamiento geológico de carbono en el territorio de los Estados Miembros, su zona económica exclusiva y la plataforma continental.
7. Directiva relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables: Incluye a su vez dos objetivos, por un lado, el de que un 20% del consumo de energía final en la UE en 2020 proceda de fuentes renovables y, por otro lado, el de que un 10% de la energía consumida en el transporte, en cada país, provenga de fuentes renovables.

## 2 EMISIONES EN EL CICLO DE VIDA DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es una energía limpia, ya que no produce gases de efecto invernadero a la atmosfera mientras genera energía eléctrica. Sin embargo, debemos considerar que durante algunas partes del ciclo de vida de una instalación fotovoltaica se generan emisiones de CO<sub>2</sub>.

El proyecto Crystal Clear de la Comisión Europea contabilizaba en términos de CO<sub>2</sub>equivalente (emisiones de dióxido de carbono, de metano y óxido nitroso, todos gases de efecto invernadero) emitido a lo largo de todo el ciclo de vida de los paneles solares. La tabla 7 resume este cálculo para el caso de los módulos, según su tipología.

Emisiones de CO <sub>2</sub> e en el ciclo de vida de módulos	
Tipo de módulo	Emisiones en gramos deCO <sub>2</sub> e por kWh
Silicio policristalino	37
Silicio monocristalino	45
Capa fina (CdTe)	12-19

Tabla 8: Emisiones de CO<sub>2</sub>e en el ciclo de vida de módulos

Los módulos de silicio monocristalino son los que más emisiones generan en su producción; algo que se deriva de un uso de la electricidad mucho más intensivo que con el resto de módulos. El cálculo de los módulos de capa fina, corresponde a aquellos que se producen con telururo de cadmio (CdTe).

Para el caso del resto de componentes, lo que en inglés recibe el nombre de Balance Of System (BOS) donde se incluyen los marcos de aluminio, el cercado, el cableado, el

interruptor, los fusibles, los controles de carga, las baterías y el inversor, las emisiones en su producción equivalen a 6g CO<sub>2</sub>e/kWh a lo largo del ciclo de vida de la instalación. Este valor es el máximo que se puede dar en la producción del BOS, ya que nuestra instalación no requiere de todos los componentes, como por ejemplo las baterías. Considerando estos factores de emisión, las emisiones globales de los distintos tipos de módulo por cada kW instalado son las que se muestran en la tabla 8:

Emisiones de CO <sub>2</sub> e globales de una instalación FV de 1kW en su ciclo de vida	
Tipo de módulo	Emisiones en toneladas de CO <sub>2</sub> e
Silicio policristalino	2.06
Silicio monocristalino	2.45
Capa fina (CdTe)	1.06

Tabla 9: Emisiones de CO<sub>2</sub>e en el ciclo de vida de módulos

### 3 AMORTIZACIÓN DE EMISIONES DE LA PLANTA FV.

Nuestra instalación fotovoltaica es de 99 kW de potencia instalada, con una producción media de 109.340 kWh al año. Utilizaremos para los cálculos paneles policristalinos, ya que de este tipo son los utilizados en el presente proyecto.

Si con una potencia de 1kW las emisiones de nuestra tecnología son de 2,45 toneladas de CO<sub>2</sub>e, con una potencia de 99 kW las emisiones totales en todo el ciclo de vida serán de:

$$99 \text{ kW} \cdot 2,06 \text{ kW/tCO}_2\text{e} = 204 \text{ tCO}_2\text{e.} \tag{48}$$

Paralelamente, considerando que en España 16.000 kWh por año de una instalación FV similar, evitan la emisión de 9,92tCO<sub>2</sub>eal año, tenemos la siguiente relación de emisiones para nuestra planta:

$$\begin{aligned} 16.000 \text{ kWh} &= 10 \text{ tCO}_2\text{e} \\ 109.340\text{kWh} &= X \text{ tCO}_2\text{e} \end{aligned} \tag{49}$$

Resultando X igual a 68,34 tCO<sub>2</sub>e. El tiempo de amortización de emisiones se corresponderá al siguiente cálculo:

$$\text{Tiempo de amortización} = \frac{\text{Emisiones\_totales}}{\text{Emisiones\_año}} \rightarrow \frac{204 \text{ tCO}_2\text{e}}{68,34 \text{ tCO}_2\text{e/año}} = 2,98 \text{ años} \tag{50}$$

Si consideramos una vida útil mínima de la instalación de 25 años, tendremos un ahorro de emisiones de:

$$(25 - 2,98)\text{años} \cdot 68,34 \text{ tCO}_2\text{e/año} = 1.504,85 \text{ tCO}_2\text{e} \tag{51}$$

## **4 IMPACTO VISUAL**

En este punto se detalla el impacto visual de la instalación fotovoltaica vista desde todas las posibles orientaciones.

- Vista desde Norte, Sur, Este y Oeste, al ser una instalación en cubierta no se puede evitar su visualización desde las diferentes fachadas, aunque quedará integrada en el edificio.
- Vista de aérea: No puede evitarse la visualización del generador fotovoltaico a vista aérea.

Las líneas eléctricas discurren por tejado fachada y soterrado hasta el centro de transformación, por lo que no causara un impacto visual grave en ningún caso.

## **5 IMPACTO ACÚSTICO**

Los equipos instalados no causan ruido alguno, por lo que la instalación no causa impacto acústico.

## **6 IMPACTO SOBRE EL TERRITORIO**

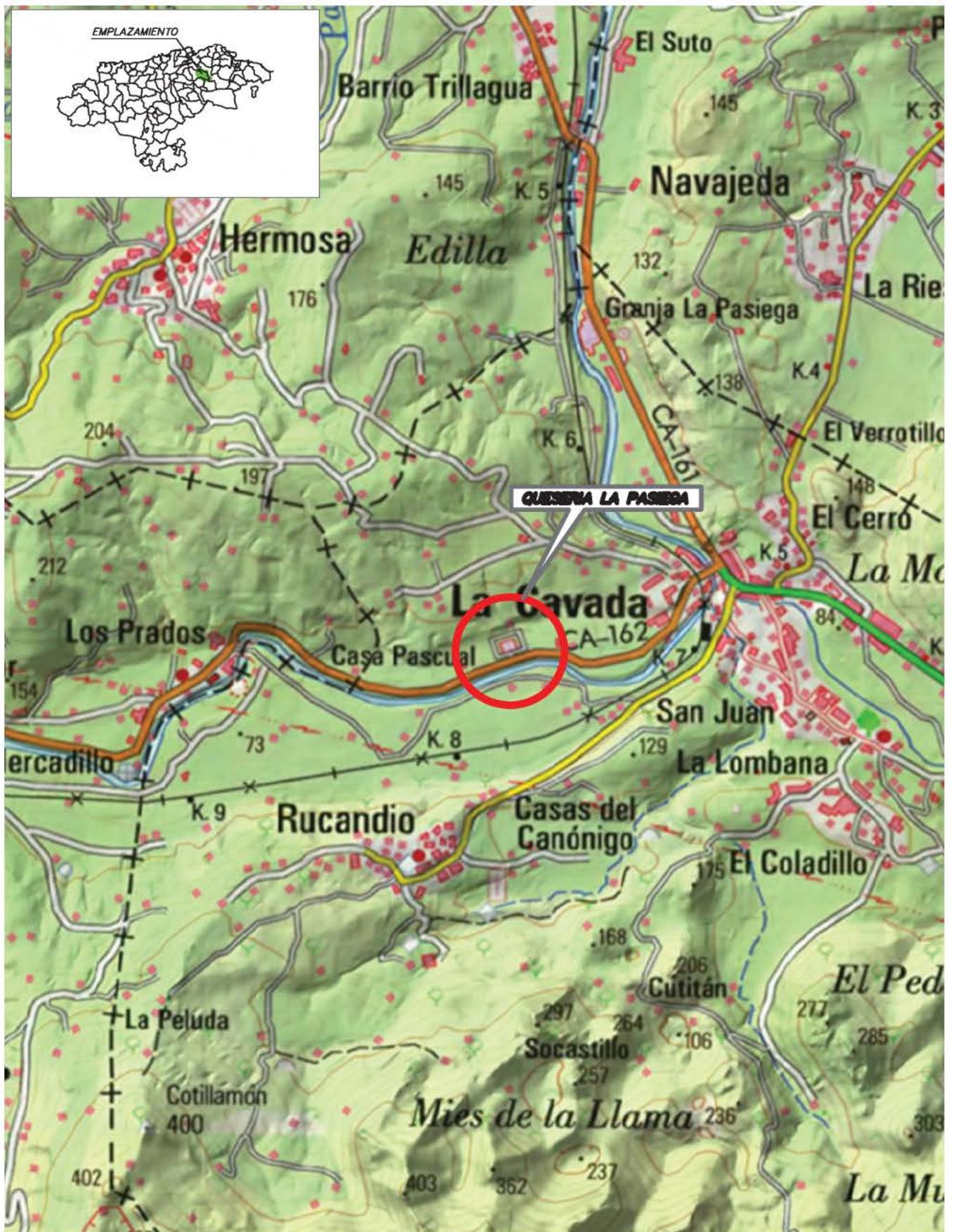
La parcela donde se ubicarán los equipos es de suelo urbano (anexo 4.6, ver la consulta descriptiva y gráfica de datos catastrales bienes inmuebles de naturaleza rústica y urbana). La colocación se realizará en la cubierta de la fábrica existente.

Se tratará de una estructura desmontable, sobre la que se colocaran los paneles solares, anclada a la cubierta existente, por lo que no representa en este caso un impacto nuevo en el territorio.

## ***DOCUMENTO 3. PLANOS***

## ÍNDICE DEL DOCUMENTO 3. PLANOS

1. PLANO DE SITUACIÓN.....	1
2. PLANO DE EMPLAZAMIENTO.....	2
3. DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES.....	3
4. ITINERARIO DE CANALIZACIÓN.....	4
5. ESQUEMA DE UNIFILIAR.....	5
6. DETALLE DE ZANJA, TAPA Y ARQUETA.....	6



ETS de Ingenieros Industriales  
y de Telecomunicaciones  
de Cantabria

	A4	Fecha	Nombre
Dibujado		ENE-16	Víctor M. Teja Sain-Maza
Comprobado		SEP-16	Roberto Álvarez Portas

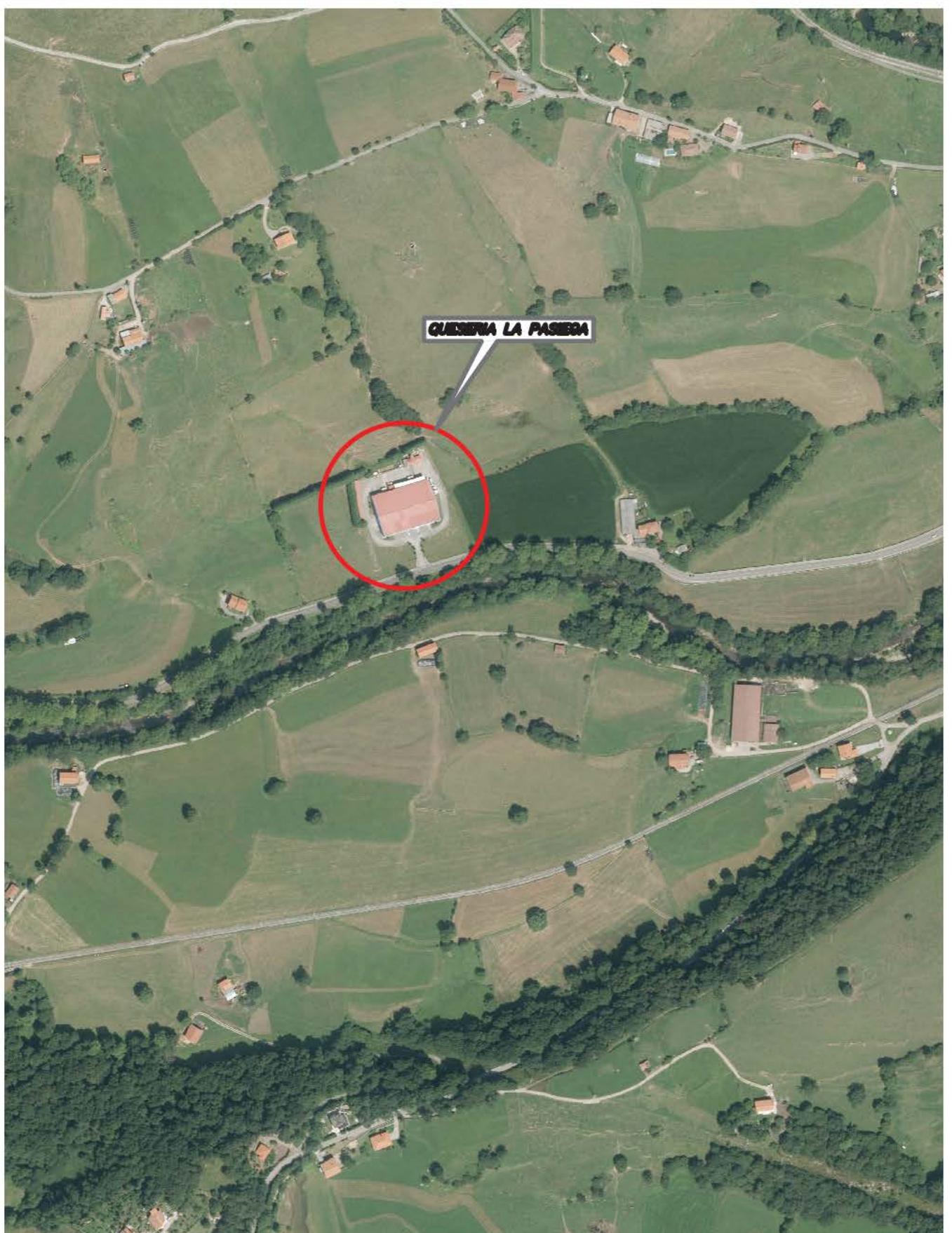
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN LA PASIEGA  
DE PEÑA PELADA (EN LA CAVADA, T.M. DE RÍO TUERTO)

Plano n°:	Revisión:
1	

GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA

Escalas:  
1/20.000

PLANO: EMPLAZAMIENTO



ETS de Ingenieros Industriales  
y de Telecomunicaciones  
de Cantabria

A4	Fecha	Nombre
Dibujado	ENE-16	Víctor M. Teja Sain-Maza
Comprobado	SEP-16	Roberto Álvarez Portas

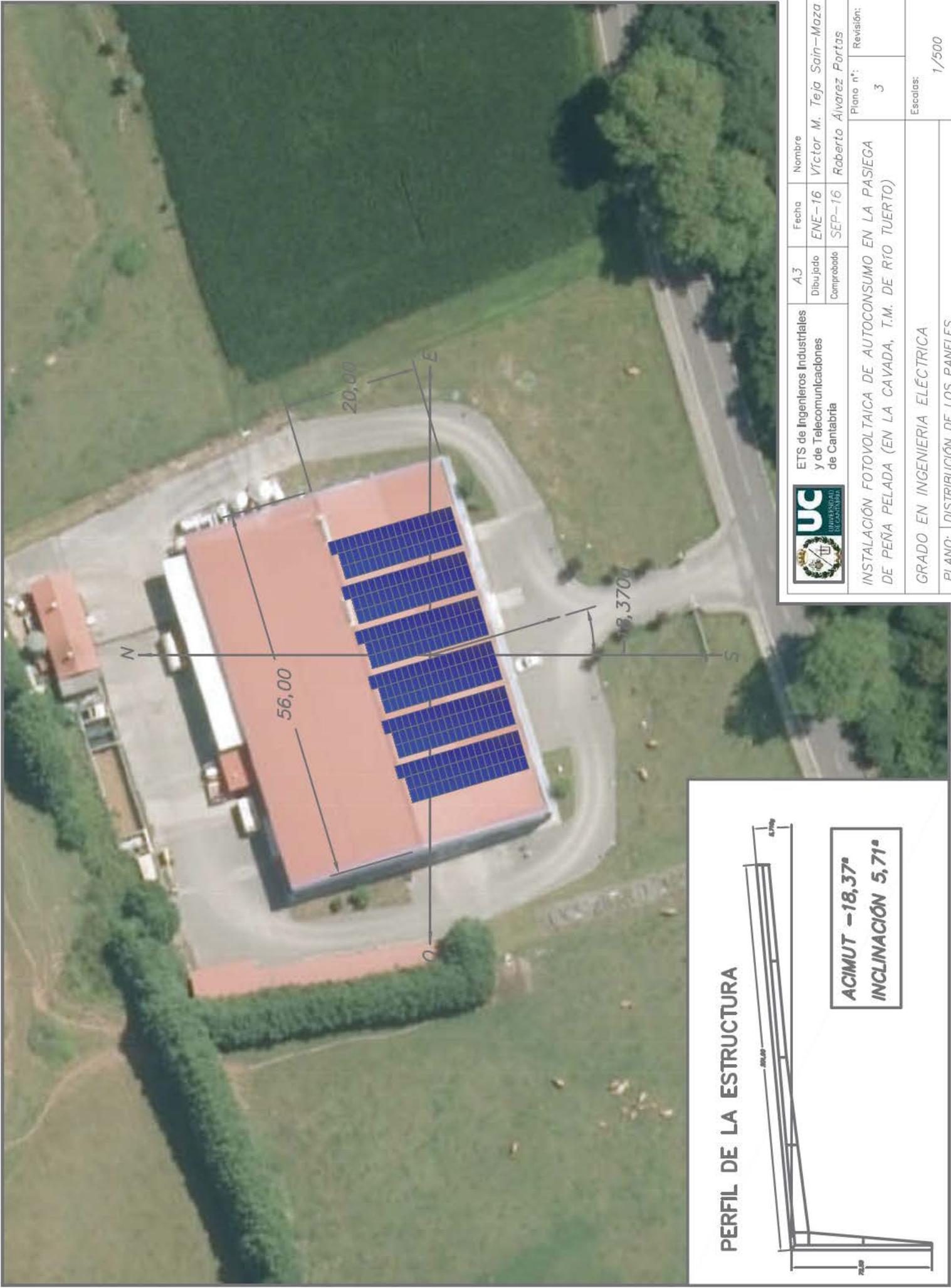
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN LA PASIEGA  
DE PEÑA PELADA (EN LA CAVADA, T.M. DE RÍO TUERTO)

Plano n°: 2	Revisión:
----------------	-----------

GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA

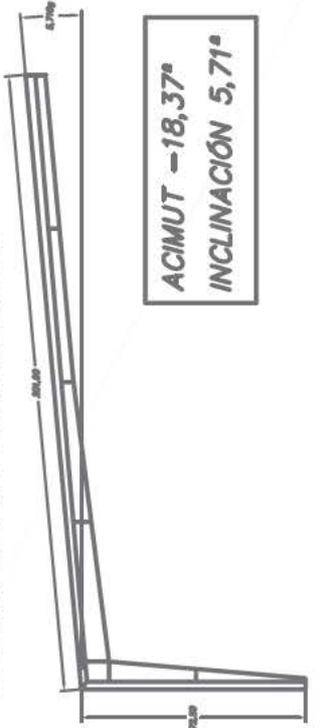
Escalas:  
1/5000

PLANO: PLANO UBICACIÓN.

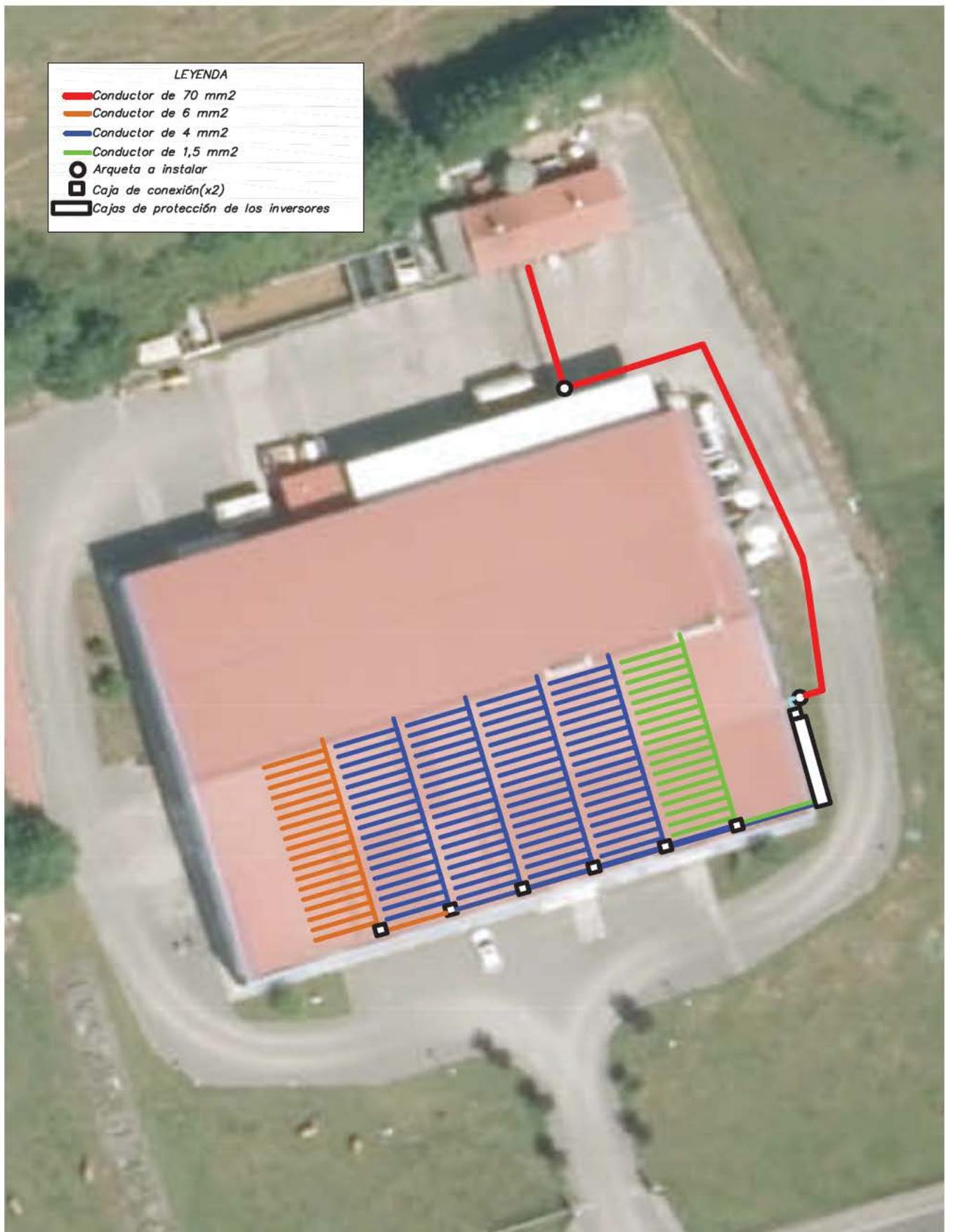


ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones de Cantabria		A.3	Fecha	Nombre
		Dibujado	ENE-16	Víctor M. Teja Sain-Maza
		Comprobado	SEP-16	Roberto Álvarez Portas
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN LA PASIEGA DE PEÑA PELADA (EN LA CAVADA, T.M. DE RÍO TUERTO)				Plano nº:
				3
GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA				Escalas:
PLANO: DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES				1/500

PERFIL DE LA ESTRUCTURA



LEYENDA	
	Conductor de 70 mm <sup>2</sup>
	Conductor de 6 mm <sup>2</sup>
	Conductor de 4 mm <sup>2</sup>
	Conductor de 1,5 mm <sup>2</sup>
	Arqueta a instalar
	Caja de conexión(x2)
	Cajas de protección de los inversores



ETS de Ingenieros Industriales  
y de Telecomunicaciones  
de Cantabria

A4	Fecha	Nombre
Dibujado	ENE-16	Víctor M. Teja Sain-Maza
Comprobado	SEP-16	Roberto Álvarez Portas

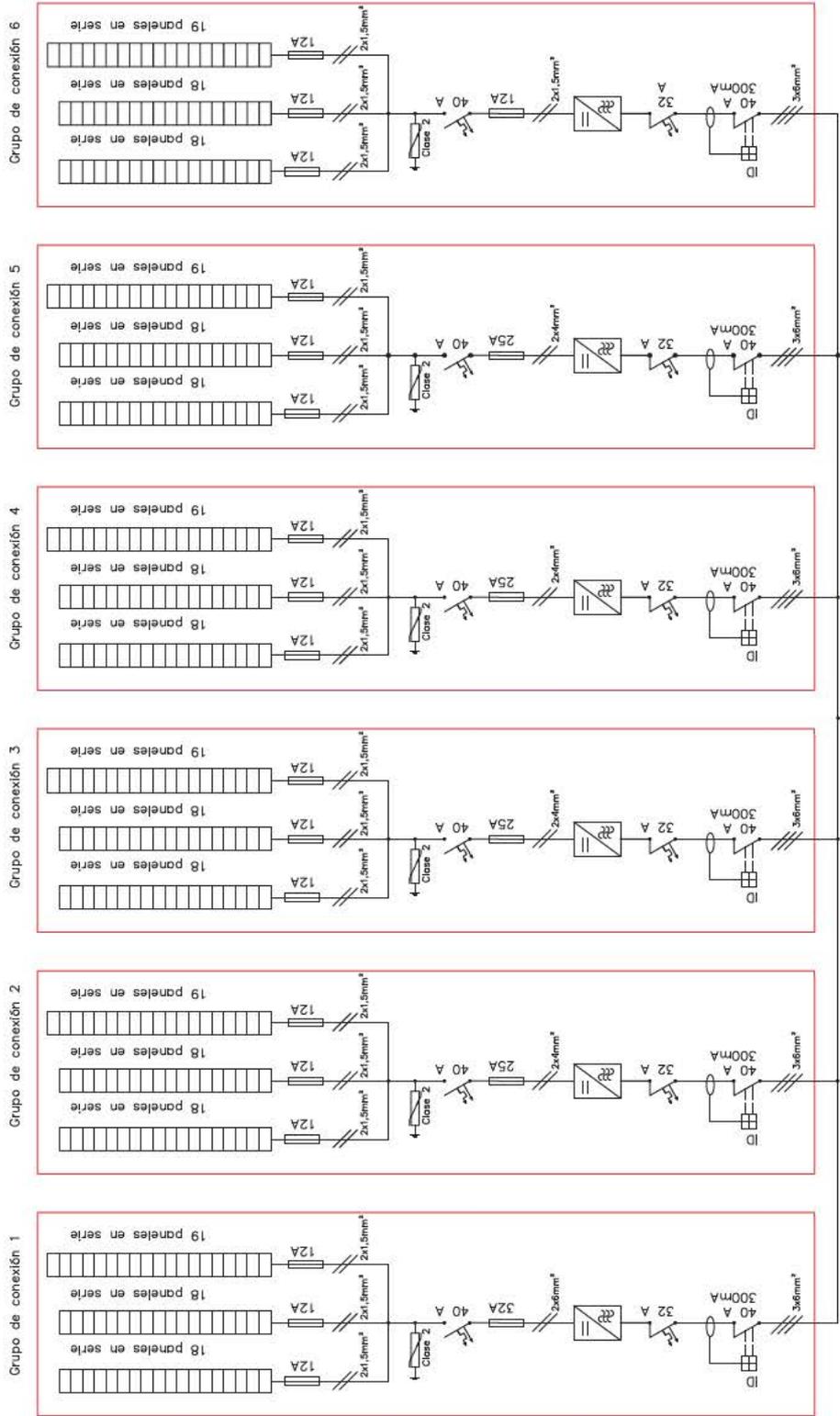
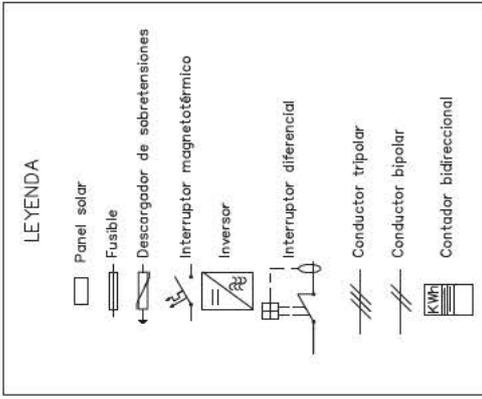
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN LA PASIEGA  
DE PEÑA PELADA (EN LA CAVADA, T.M. DE RÍO TUERTO)

Plano n°:	Revisión:
4	

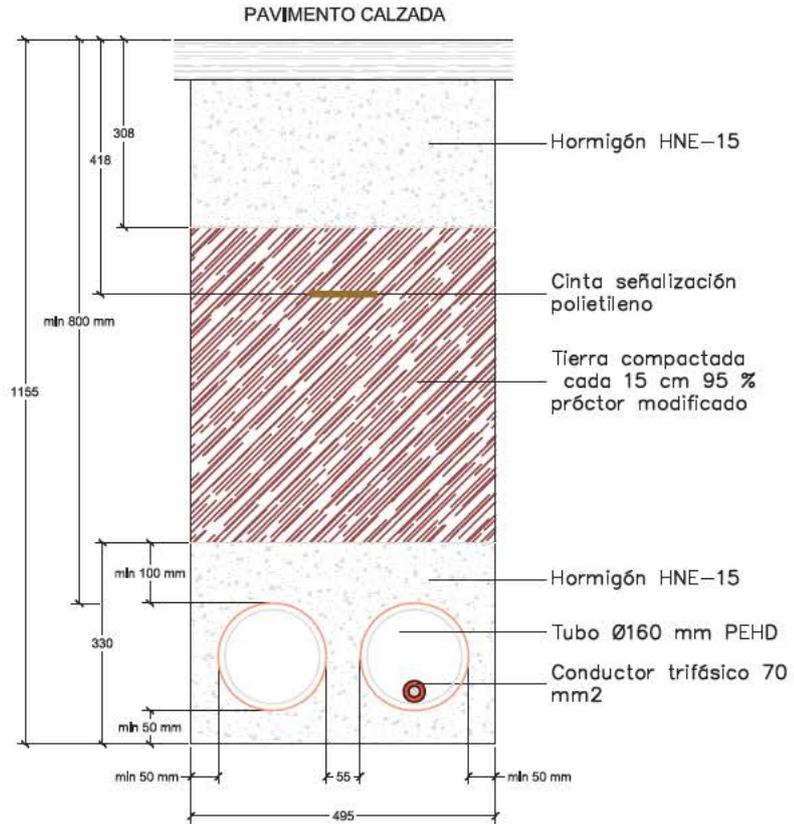
GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA

Escalas:
1/500

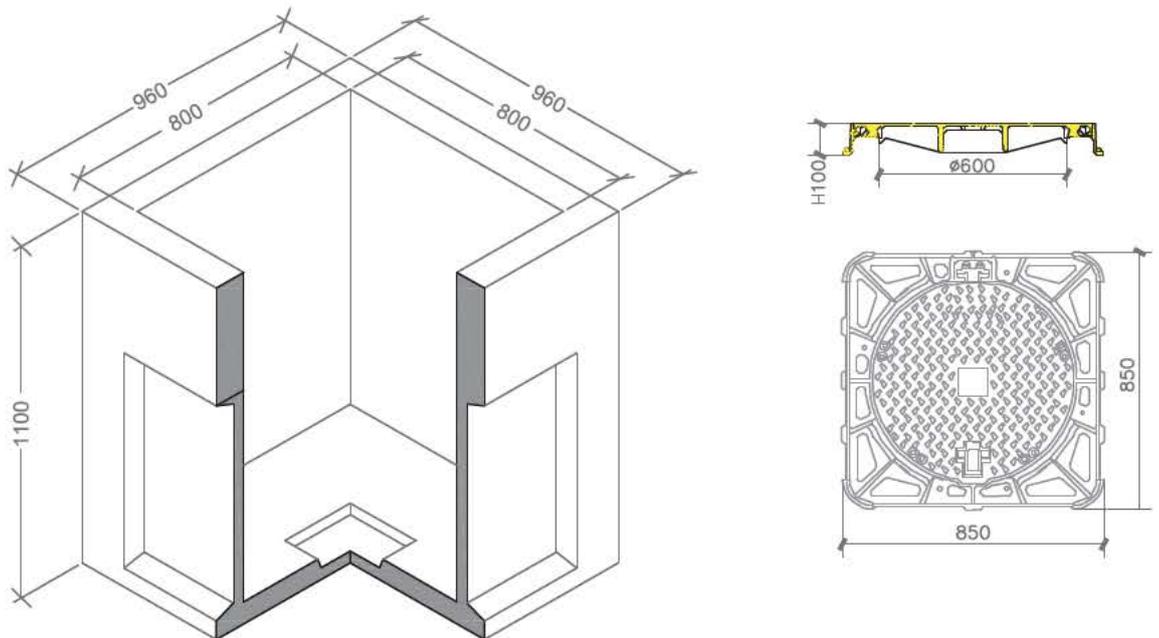
PLANO: ITINERARIO DE TENDIDO.



	ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones de Cantabria	AJ3	Fecha ENE-16	Nombre Victor M. Teja Sain-Maza
	Comprobado SEP-16		Revisión: 5	Plano nº: 5
<b>INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN LA PASIEGA DE PEÑA PELADA (EN LA CAVADA, T.M. DE RTO TUERTO)</b>				
<b>GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA</b>				
PLANO: ESQUEMA UNIFILIAR				
Escalas: S/E				



ZANJA TIPO AT/BT CALZADA  
2 CIRCUITOS



ETS de Ingenieros Industriales  
y de Telecomunicaciones  
de Cantabria

A4	Fecha	Nombre
Dibujado	ENE-16	Víctor M. Teja Sain-Maza
Comprobado	SEP-16	Roberto Álvarez Portas

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN LA PASIEGA  
DE PEÑA PELADA (EN LA CAVADA, T.M. DE RÍO TUERTO)

Plano n°: 6	Revisión:
----------------	-----------

GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA

Escalas: S/E
-----------------

PLANO: DETALLE DE CANALIZACIÓN ZANJA Y ARQUETA.

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

## **ÍNDICE DEL DOCUMENTO 4. PLIEGO DE CONDICIONES**

1. DESCRIPCIÓN .....	1
1.1 Localización.....	1
1.2 Descripción operacional .....	1
2. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS .....	1
3. EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES .....	1
4. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA .....	1
5. ASPECTOS DEL CONTRATO.....	2

# **1. DESCRIPCIÓN**

## **1.1 LOCALIZACIÓN**

La localización es en el barrio Cavada Sierra Hermosa, 16A polígono 1 parcela 69, en el término municipal de Río Tuerto, Cantabria, cuya propiedad corresponde a Herederos de Tomas Ruiz, S.L., y fija las condiciones de contrata, prueba de materiales y atribuciones de la Dirección Facultativa.

## **1.2 DESCRIPCIÓN OPERACIONAL**

El presente documento corresponde a las operaciones necesarias descritas (obras, productos, instalaciones y servicios) en la memoria que antecede, para una instalación fotovoltaica de autoconsumo en un edificio industrial.

# **2. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS**

Todos los materiales que se empleen en las instalaciones deberán ser marcas de primera calidad y homologados según normativa de Unión Europea.

# **3. EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES**

La interpretación técnica del proyecto corresponde a la Dirección Facultativa, a la que el contratista deberá obedecer en todas sus indicaciones.

# **4. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA**

- Todas las instalaciones realizadas además del desarrollo del proyecto, habrán de cumplir todos y cada uno de los Reglamentos Vigentes. En caso de existir dudas sobre lo contenido en ellos, se consultará a la Dirección Facultativa para que dictamine las medidas que se deberán adoptar.

## 5. ASPECTOS DEL CONTRATO

- Las instalaciones contarán con todos los permisos y autorizaciones necesarias, excluyéndose a la dirección de cualquier responsabilidad derivada de la carencia de alguno de ellos.
- 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 instalación con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes.
- Si la ejecución de las instalaciones no fuese la adecuada o no se adaptase a lo especificado en el proyecto, o los materiales empleados no superasen satisfactoriamente las pruebas a las que se sometiesen, se procederá a su sustitución según lo expuesto en el proyecto y sin que el contratista tenga derecho a ningún tipo de indemnización.
- La Contratista, como empresa instaladora, asume la total y exclusiva responsabilidad en relación con todos los operarios que trabajen en la instalación. Asimismo, asumirá todas las responsabilidades derivadas de su relación con los subcontratistas que necesiten emplear las instalaciones.
- Los Autores del proyecto no se responsabilizan de las instalaciones ejecutadas no contenidas en el mismo, o de aquellas que fueran ejecutadas no atendiéndose a lo especificado.
- El Contratista asume toda la responsabilidad legal de Seguridad Social, económicas, criminales y civiles, incluso los daños a terceros que pudieran producirse a consecuencia de la realización de las instalaciones.
- Si al proceder el reconocimiento de las instalaciones no se encontraran estas en las debidas condiciones, se aplazará su recepción hasta tanto no se hayan subsanado las deficiencias encontradas y tras nuevo reconocimiento se comprobará que las instalaciones están en condiciones de ser recibidas.

En Santander a 18 de enero



Fdo. Víctor Manuel Teja Sainz-Maza  
Grado en Ingeniería Eléctrica

## ***DOCUMENTO 5. MEDICIONES***

## ÍNDICE DEL DOCUMENTO 5. MEDICIONES

1. MEDICIONES .....	1
C.1 Suministro de equipos .....	1
C.2 Cableado de conexión .....	1
C.3 Elementos de protección .....	2
C.4 Instalación de puesta a tierra.....	2
C.5 Canalizaciones .....	3
C.6 Elementos de medida.....	3

## 1. MEDICIONES

Id.	Unidad	Descripción	Total
<b>C.1 Suministro de equipos</b>			
C.1.1	und.	Suministro y montaje de panel fotovoltaico ATERSA OPTIMUM 300W 24V Policristalino (1.955 x 0.995 x 0.05 )	330
C.1.2	und.	Suministro y montaje de inversor SMA Trifásico STP 20000TL-30 incluida la adecuada conexión en los embarrados de D.C. y A.C. con terminales bimetalicos con grasa de contacto MOLIKOTE y tuercas de bronce.	6
C.1.3	und.	Suministro y montaje de estructura soporte de paneles Cubierta Metálica 6 ud KH915 130mm	55
C.1.4	und.	Suministro y montaje de armario eléctrico 1000x800x300 mm. Modelo DB1000800300	6
<b>C.2 Cableado de conexión</b>			
C.2.1	m	Suministro y montaje de cable de Cu RV-K 0,6/1kV 3x6 mm UNE 21123 IEC 60502 CE 120416, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	12
C.2.2	m	Suministro y montaje de cable de Cu RV-K 0,6/1kV 1x6 UNE 21123 IEC 60502 CE 120416, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	100
C.2.3	m	Suministro y montaje de Cable de Cu RV-K 0,6/1kV 1x1,5 UNE 21123 IEC 60502 CE 120416, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	342
C.2.4	m	Suministro y montaje de Suministro y montaje de cable de Cu RV-K 0,6/1kV 3x70 UNE 21123 IEC 60502 CE 120416, incluido el conexionado mediante empalmes y terminales.	260
C.2.5	m	Suministro y montaje de Cable de Cu RV-K 0,6/1kV 1x4 UNE 21123 IEC 60502 CE 120416	200
C.2.6	und.	Suministro y montaje de cables MULTI CONTACT (MC4) Conector macho y hembra (bolsa de 25+25) 4-6 mm.	330

<b>C.3 Elementos de protección</b>			
C.3.1	und.	Suministro y montaje de Caja General de Protección trifásica 200A Cahors CGP-10-200/BUC	1
C.3.2	und.	Suministro y montaje de cuadro de empotrar solera de 24 elementos	1
C.3.3	und.	Suministro y montaje de base portafusible 485301 Base 22x58 PMX Unipolar carril DIN.	5
C.3.4	und.	Suministro y montaje de fusible ultrarrápido 690V 32A 22x58 gR F070C032N.	1
C.3.5	und.	Suministro y montaje de fusible ultrarrápido 690V 25A 22x58 gR F070C025N.	4
C.3.6	und.	Suministro y montaje de base portafusible 485150 Base 10x38 PMX-PV Unipolar carril DIN.	24
C.3.7	und.	Suministro y montaje de fusible para Fotovoltaica 12A 10x38 1000VDC gPV 491625.	19
C.3.8	und.	Suministro y montaje de caja de automáticos superficie Hager 12 módulos.	1
C.3.9	und.	Suministro y montaje de diferencial LEGRAND 411665 4 polos 40 A, 300 mA.	6
C.3.10	und.	Suministro y montaje de automático trifásico SCHNEIDER A9F79332 III 32 Amps. Curva C.	6
C.3.11	und.	Suministro y montaje de Limitador de Sobretensiones Clase II 20 kA Protector bipolar WERDEN WE-9210.	6
C.3.12	und.	Suministro y montaje de caja estanca 155x110mm Legrand.	12
C.3.13	und.	Suministro y montaje de Carril DIN RS Pro, En U, TS35 Ranurado, long. 2000mm, anch. 35mm, alt. 7.5mm	5
C.3.14	und.	Interruptor Automático de caja moldeada Tetrapolar 4P 250S-200A 50kA	1
<b>C.4 Instalación de puesta a tierra</b>			
C.4.3	m	Suministro y montaje de Cable de Cu verde-amarillo 6 mm H07Z1-K VA 6, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	100

C.4.4	m	Suministro y montaje de Cable de Cu verde-amarillo 1,5 mm H07Z1-K VA, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	542
C.4.5	und.	Suministro y montaje de Pica de Tierra Cobriza de 2 metros y 14 mm de diámetro, T101420.	1
<b>C.5 Canalizaciones</b>			
C.5.1	m	Apertura, excavación y canalización de zanja para canalización eléctrica enterrada y entubada.	90
C.5.2	und.	Suministro y ejecución de arqueta de registro prefabricada de hormigón incluida tapa y marco de fundición.	2
C.5.3	m	Suministro y montaje de Canaletas UNEX, modelo 66U23X 60x75	222
C.5.4	m	Suministro y montaje de Canaletas UNEX, modelo 66U23X 60x200	50
<b>C.6 Elementos de medida</b>			
C.6.1	Und.	Suministro y montaje de caja precintable con contador multifunción de energía eléctrica 410-QT5A-70B10.	2

## ***DOCUMENTO 6. PRESUPUESTO***

## ÍNDICE DEL DOCUMENTO 6. PRESUPUESTO

1. CUADRO DE PRECIOS Nº 1.....	1
Suministro de equipos.....	1
Cableado de conexión .....	1
Elementos de protección.....	2
Instalación de puesta a tierra .....	2
Canalizaciones .....	3
Elementos de medida .....	3
2. PRESUPUESTOS PARCIALES.....	4
3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL.....	6
4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	7

## 1. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

Id.	und.	Descripción	Precio en cifras	Precio en letras
<b>C.1 Suministro de equipos</b>				
C.1.1	und.	Suministro y montaje de panel fotovoltaico ATERSA OPTIMUM 300W 24V Policristalino (1.955 x 0.995 x 0.05 )	285,62	Doscientos ochenta y cinco euros con sesenta y dos céntimos
C.1.2	und.	Suministro y montaje de inversor SMA Trifásico STP 20000TL-30 incluida la adecuada conexión en los embarrados de D.C. y A.C. con terminales bimetálicos con grasa de contacto MOLIKOTE y tuercas de bronce.	5271,73	Cinco mil doscientos setenta y un euros con setenta y tres céntimos
C.1.3	und.	Suministro y montaje de estructura soporte de paneles Cubierta Metálica 6 ud KH915 130mm	140	Ciento cuarenta euros
C.1.4	und.	Suministro y montaje de armario eléctrico 1000x800x300 mm. Modelo DB1000800300	275,58	Doscientos setenta y cinco euros con cincuenta y ocho céntimos
<b>C.2 Cableado de conexión</b>				
C.2.1	m	Suministro y montaje de cable de Cu RV-K 0,6/1kV 3x6 mm UNE 21123 IEC 60502 CE 120416, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	2,45	Dos euros con cuarenta y cinco céntimos
C.2.2	m	Suministro y montaje de cable de Cu RV-K 0,6/1kV 1x6 UNE 21123 IEC 60502 CE 120416, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	0,84	Ochenta y cuatro céntimos
C.2.3	m	Suministro y montaje de Cable de Cu RV-K 0,6/1kV 1x1,5 UNE 21123 IEC 60502 CE 120416, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	0,16	Dieciséis céntimos
C.2.4	m	Suministro y montaje de Suministro y montaje de cable de Cu RV-K 0,6/1kV 3x70 UNE 21123 IEC 60502 CE 120416, incluido el conexionado mediante empalmes y terminales.	25,37	Veinticinco euros con treinta y siete céntimos
C.2.5	m	Suministro y montaje de Cable de Cu RV-K 0,6/1kV 1x4 UNE 21123 IEC 60502 CE 120416	0,44	Cuarenta y cuatro céntimos
C.2.6	und.	Suministro y montaje de cables MULTI CONTACT (MC4) Conector macho y hembra (bolsa de 25+25) 4-6 mm.	148	Ciento cuarenta y ocho euros

<b>C.3</b>		<b>Elementos de protección</b>		
C.3.1	und.	Suministro y montaje de Caja General de Protección trifásica 200A Cahors CGP-10-200/BUC	171,2	Ciento setenta y un euros con dos céntimos
C.3.2	und.	Suministro y montaje de cuadro de empotrar solera de 24 elementos	77,8	Setenta y ocho euros con ocho céntimos
C.3.3	und.	Suministro y montaje de base portafusible 485301 Base 22x58 PMX Unipolar carril DIN.	14	Catorce euros
C.3.4	und.	Suministro y montaje de fusible ultrarrápido 690V 32A 22x58 gR F070C032N.	12,5	Doce euros con cinco céntimos
C.3.5	und.	Suministro y montaje de fusible ultrarrápido 690V 25A 22x58 gR F070C025N.	12,2	Doce euros con dos céntimos
C.3.6	und.	Suministro y montaje de base portafusible 485150 Base 10x38 PMX-PV Unipolar carril DIN.	6,81	Seis euros con ochenta y uno céntimos
C.3.7	und.	Suministro y montaje de fusible para Fotovoltaica 12A 10x38 1000VDC gPV 491625.	9,8	Nueve euros con ocho céntimos
C.3.8	und.	Suministro y montaje de caja de automáticos superficie Hager 12 módulos.	16,09	Nueve céntimos
C.3.9	und.	Suministro y montaje de diferencial LEGRAND 411665 4polos 40 A y 300 mA	136,19	Ciento treinta y seis con euros diecinueve céntimos
C.3.10	und.	Suministro y montaje de automático trifásico SCHNEIDER A9F79332 III 32 Amps. Curva C.	53,45	Cincuenta y tres euros con cuarenta y cinco céntimos
C.3.11	und.	Suministro y montaje de Limitador de Sobretensiones Clase II 20 kA Protector bipolar WERDEN WE-9210.	36,5	Treinta y seis euros con cinco céntimos
C.3.12	und.	Suministro y montaje de caja estanca 155x110mm Legrand.	3,89	Tres euros con ochenta y nueve céntimos
C.3.13	und.	Suministro y montaje de Carril DIN RS Pro, En U, TS35 Ranurado, long. 2000mm, ancho 35mm, alto 7.5mm	3,99	Tres euros con noventa y nueve centimos
C.3.14	und.	Interruptor Automático de caja moldeada Tetrapolar 4P 250S-200A 50kA	506,92	Quinientos euros seis con céntimos
<b>C.4</b>		<b>Instalación de puesta a tierra</b>		
C.4.3	m	Suministro y montaje de Cable de Cu verde-amarillo 6 mm H07Z1-K VA 6, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	0,59	Cincuenta euros con nueve céntimos.
C.4.4	m	Suministro y montaje de Cable de Cu verde-amarillo 1,5 mm H07Z1-K VA , incluido el conexionado mediante punteras terminales.	0,17	Diecisiete céntimos

C.4.5	und.	Suministro y montaje de Pica de Tierra Cobriza de 2 metros y 14 mm de diámetro, T101420.	9,08	Nueve euros ocho céntimos
<b>C.5</b>	<b>Canalizaciones</b>			
C.5.1	m	Apertura, excavación y canalización de zanja para canalización eléctrica enterrada y entubada.	352,01	Trescientos cincuenta y dos con cero uno
C.5.2	und.	Suministro y ejecución de arqueta de registro prefabricada de hormigón incluida tapa y marco de fundición.	300	Trescientos euros
C.5.3	m	Suministro y montaje de Canaletas UNEX, modelo 66U23X 60x75	8,27	Ocho euros con veintisiete céntimos
C.5.4	m	Suministro y montaje de Canaletas UNEX, modelo 66U23X 60x200	14,39	Catorce con treinta y nueve
<b>C.6</b>	<b>Elementos de medida</b>			
C.6.1		Suministro y montaje de caja con precentible con contador multifunción de energía eléctrica 410-QT5A-70B10.	337,34	Trescientos treinta y siete con treinta y cuatro

En Santander a 20 de septiembre

Fdo. Víctor Manuel Teja Sainz-Maza

Grado en Ingeniería Eléctrica

## 2. PRESUPUESTOS PARCIALES

<b>Id.</b>	<b>und.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
<b>C.1</b>	<b>Suministro de equipos</b>				
C.1.1	und.	Suministro y montaje de panel fotovoltaico ATERSA OPTIMUM 300W 24V Policristalino (1.955 x 0.995 x 0.05 )	330	285,62	94.254,60
C.1.2	und.	Suministro y montaje de inversor SMA Trifásico STP 20000TL-30 incluida la adecuada conexión en los embarrados de D.C. y A.C. con terminales bimetálicos con grasa de contacto MOLIKOTE y tuercas de bronce.	6	5271,73	31.630,38
C.1.3	und.	Suministro y montaje de estructura soporte de paneles Cubierta Metálica 6 ud KH915 130mm	55	140	7.700,00
C.1.4	und.	Suministro y montaje de armario eléctrico 1000x800x300 mm. Modelo DB1000800300	6	275,58	1.653,48
<b>TOTAL CAPÍTULO 1.</b>					<b>139.295,61</b>
<b>C.2</b>	<b>Cableado de conexión</b>				
C.2.1	m	Suministro y montaje de cable de Cu RV-K 0,6/1kV 3x6 mm UNE 21123 IEC 60502 CE 120416, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	12	2,45	29,40
C.2.2	m	Suministro y montaje de cable de Cu RV-K 0,6/1kV 1x6 mm UNE 21123 IEC 60502 CE 120416, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	100	0,84	84,00
C.2.3	m	Suministro y montaje de Cable de Cu RV-K 0,6/1kV 1x1,5 mm UNE 21123 IEC 60502 CE 120416, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	342	0,16	54,72
C.2.4	m	Suministro y montaje de Suministro y montaje de cable de Cu RV-K 0,6/1kV 3x70 mm UNE 21123 IEC 60502 CE 120416, incluido el conexionado mediante empalmes y terminales.	260	25,37	6.596,20
C.2.5	m	Suministro y montaje de Cable de Cu RV-K 0,6/1kV 1x4 mm UNE 21123 IEC 60502 CE 120416	200	0,44	88,00
C.2.6	und.	Suministro y montaje de cables MULTI CONTACT (MC4) Conector macho y hembra (bolsa de 25+25) 4-6 mm.	330	148	1.953,60

<b>TOTAL CAPÍTULO 2.</b>					<b>9.070,10</b>
<b>C.3</b>	<b>Elementos de protección</b>				
C.3.1	und.	Suministro y montaje de Caja General de Protección trifásica 200A Cahors CGP-10-200/BUC	1	171,2	171,20
C.3.2	und.	Suministro y montaje de cuadro de empotrar solera de 24 elementos	1	77,8	77,80
C.3.3	und.	Suministro y montaje de base portafusible 485301 Base 22x58 PMX Unipolar carril DIN.	5	14	70,00
C.3.4	und.	Suministro y montaje de fusible ultrarrápido 690V 32A 22x58 gR F070C032N.	1	12,5	12,50
C.3.5	und.	Suministro y montaje de fusible ultrarrápido 690V 25A 22x58 gR F070C025N.	4	12,2	48,80
C.3.6	und.	Suministro y montaje de base portafusible 485150 Base 10x38 PMX-PV Unipolar carril DIN.	24	6,81	163,44
C.3.7	und.	Suministro y montaje de fusible para Fotovoltaica 12A 10x38 1000VDC gPV 491625.	19	9,8	186,20
C.3.8	und.	Suministro y montaje de caja de automáticos superficie Hager 12 módulos.	1	16,09	16,09
C.3.9	und.	Suministro y montaje de diferencial LEGRAND 411665 4polos 40 Amps. 300 mA.	6	136,19	817,14
C.3.10	und.	Suministro y montaje de automático trifásico SCHNEIDER A9F79332 III 32 Amps. Curva C.	6	53,45	320,70
C.3.11	und.	Suministro y montaje de Limitador de Sobretensiones Clase II 20 kA Protector bipolar WERDEN WE-9210.	6	36,5	219,00
C.3.12	und.	Suministro y montaje de caja estanca 155x110mm Legrand.	12	3,89	46,68
C.3.13	und.	Suministro y montaje de Carril DIN RS Pro, En U, TS35 Ranurado, long. 2000mm, anch. 35mm, alt. 7.5mm	5	3,99	19,95
C.3.14	und.	Interruptor Automático de caja moldeada Tetrapolar 4P 250S-200A 50kA	1	506,92	506,92
<b>TOTAL CAPÍTULO 3.</b>					<b>2.756,71</b>
<b>C.4</b>	<b>Instalación de puesta a tierra</b>				
C.4.3	m	Suministro y montaje de Cable de Cu verde-amarillo 6 mm H07Z1-K VA 6, incluido el conexionado mediante punteras terminales.	100	0,59	59,00 €
C.4.4	m	Suministro y montaje de Cable de Cu verde-amarillo 1,5 mm H07Z1-K VA, incluido el conexionado mediante	542	0,17	92,14 €

		punteras terminales.			
C.4.5	und.	Suministro y montaje de Pica de Tierra Cobriza de 2 metros y 14 mm de diámetro, T101420.	1	9,08	9,08 €
TOTAL CAPÍTULO 4.					2.756,71
<b>C.5</b>	<b>Canalizaciones</b>				
C.5.1	ml	Apertura, excavación y canalización de zanja para canalización eléctrica enterrada y entubada.	90	352,01	31.680,90 €
C.5.2	und.	Suministro y ejecución de arqueta de registro prefabricada de hormigón incluida tapa y marco de fundición.	2	300	600,00 €
C.5.3	ml	Suministro y montaje de Canaletas UNEX, modelo 66U23X 60x75	222	8,27	1.835,94 €
C.5.4	ml	Suministro y montaje de Canaletas UNEX, modelo 66U23X 60x200	50	14,39	719,50 €
TOTAL CAPÍTULO 5.					35.881,43
<b>C.6</b>	<b>Elementos de medida</b>				
C.6.1		Suministro y montaje de caja con precentible con contador multifunción de energía eléctrica 410-QT5A-70B10.	2	337,34	674,68€
TOTAL CAPÍTULO 6.					674,68

### 3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL

Id.	Concepto	Importe (€)
C.1	SUMINISTRO DE EQUIPOS	139.295,61
C.2	CABLEADO DE CONEXIÓN	9.070,10
C.3	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	2.756,71
C.4	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	165,03
C.5	CANALIZACIONES	35.881,43
C.6	ELEMENTOS DE MEDIDA	674,67
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		187.843,55

#### 4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	187.843,55
GASTOS GENERALES (10% DE EJECUCION DE MATERIALES)	18.784,355
BENEFICIO INDUSTRIAL (6% DE EJECUCIÓN DE MATERIALES)	11.270,613
TOTAL PARCIAL	217.898,518
IVA (21%)	47.758,7
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	263.657,2

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a 263.657,2 € (doscientos sesenta y tres mil seiscientos cincuenta y siete euros con dos céntimos)

En Santander a 20 de septiembre



Fdo. Víctor Manuel Teja Sainz-Maza  
Grado en Ingeniería Eléctrica